Über den Farbstoff des Arillus von Afzelia Cuanzensis Welwitsch und Ravenala Madagascariensis Sonnerat nebst Bemerkungen über den anatomischen Bau der Samen

von

Hermann Ritter Schrötter v. Kristelli,

stud. med.

(Mit 2 Tafeln.)

I. Afzelia Cuanzensis Welwitsch.[1]

Die anatomischen Verhältnisse des Arillus dieser Pflanze wurden zuerst von A. Pfeiffer[2] in ausführlicherer Weise beschrieben.[3]

Die Samen von *Afzelia Cuanzensis* zeichnen sich durch den Besitz eines orange- bis mennigrothen, an den Kanten durchscheinenden, fettig anzufühlenden, spröden, bruchigen Arillus aus; derselbe ist geruchlos und besitzt gekaut einen an ungebrannte Kaffeebohnen erinnernden Geschmack. Der Arillus lässt sich leicht von der Samenschale, die er nur etwa bis zu ein

---

[1] Das Material dieser Untersuchung verdanke ich der Freundlichkeit des Herrn Hofrath v. Kerner.

[2] Die Arillargebilde der Pflanzen in Engler's botanischen Jahrbüchern, 13. Bd.; dort auch Angaben über die biologische Bedeutung des Arillus für die Samenablösung.

[3] Erst nach Vollendung dieses Theiles meiner Arbeit wurde ich mit dieser Abhandlung bekannt. Obwohl nun, was den anatomischen Theil betrifft, manche Wiederholungen in meiner Beschreibung vorkommen, so nehme ich doch keinen Anstand, dieselbe in ihrer ersten Form zu belassen, weil sie einerseits die Angaben dieses Autors bestätigen, anderseits als Ergänzung derselben dienen kann.

Viertel der Länge desselben bedeckt, ablösen; er besitzt eine annähernd becher- oder umgekehrt glockenförmige Gestalt, ist an der Aussenfläche nicht ganz eben, besonders an seiner mittleren Partie wulstig, höckerig, wie durch den von ihm umschlossenen unteren Samenabschnitt etwas vorgebuchtet. Eine ähnliche, wenn auch kleinere Wulstung, befindet sich an der Eintrittsstelle des Funiculus. Der Contour des oberen Becherrandes ist von annähernd elliptischer Circumferenz, manchmal sich mehr einer verzogenen Dreiecksform nähernd, wie auch der untere Arillusabschnitt oft mehr einer umgekehrten dreiseitigen Pyramide gleicht. Die obere Bechermulde zeigt eine runde, etwa 1 *mm* breite Öffnung zum Durchtritt des Funiculus. Was die durchschnittlichen Grössenverhältnisse des Arillus anbelangt, so beträgt seine Höhe etwa 10 *mm*, der grösste Durchmesser des Becherrandes circa 12 *mm*; die Öffnung für den Funiculareintritt hat einen Durchmesser von circa 3 *mm*.

Schneidet man den Arillus in radiärer Richtung durch, so erhält man eine annähernd dreieckige, nach oben durch den sich allmälig zipfelförmig verjüngenden Becherrand concave Schnittfigur. Dieselbe zeigt einen orangegelben Rand, der sich scharf von einer inneren weissen Fläche abhebt. Diese innere Partie stellt eine weisse, bröckelige, in Folge von zahlreichen Höhlungen und Lücken wie retrahirte und geschrumpfte Gewebemasse dar. Die äussere gelb gefärbte Schichte besitzt an den Seitenpartien eine Dicke von fast 2 *mm*, an der oberen concaven Partie eine Dicke von 1 *mm*.

Die mikroskopische Untersuchung des Arillusgewebes zeigt, dass die äussere Partie aus isodyametrischen, im Vergleich zu den Zellen der folgenden Schicht etwas dickwandigeren, mit einem gelben Öl völlig erfüllten Zellen besteht. Diese Zellen besitzen einen Durchmesser von ungefähr 0·01 *mm* Nach aussen wird dieser Gewebstheil von einer einschichtigen Epidermis begrenzt, die aus flachen, cubischen, meist ebenfalls ölführenden Zellen zusammengesetzt ist. Die ölführenden Zellen, sind in radialen Reihen zu circa 30—35 an Zahl angeordnet; die innersten Zellen sind etwas unregelmässiger, heben sich aber trotzdem gut von der folgenden Gewebspartie ab. Diese schon oben als weisse, bröckelige Gewebspartie

bezeichnete Schicht besteht aus in die Länge gestreckten, sehr dünnwandigen, oft länglich elliptischen ungefärbten Zellen, deren Längsdurchmesser etwa viermal so gross ist als der der ölführenden Zellen. Die Reihen dieser letzteren sind senkrecht auf die Richtung der in Rede stehenden Schicht orientirt. Intercellularen lassen sich in dem Gewebe nicht nachweisen, wodurch dasselbe, wie auch durch die Dünnwandigkeit seiner zelligen Elemente einem auf meristematischer Stufe stehendem Gewebe gleicht. Auszweigungen der Funiculargefässe in diese Gewebsschicht konnten nicht nachgewiesen werden.

Es sollen hier auch noch einige Worte über den Bau des Funiculus, von dem mir nur einige wenige Rudimente zur Verfügung standen, mitgetheilt werden. Der Nabelstrang zieht durch die Mitte des Arillus, um an dem etwas wulstigen Hilum in die Testa einzudringen. Querschnitte des Funiculus ergaben von aussen nach innen ein parenchymatisches, aus dünnwandigen, stellenweise aber auch dickwandigeren Zellen bestehendes, im Allgemeinen der inneren Arillusschicht ähnliches Gewebe, welches reichliche Mengen schön ausgebildeter Drusen von oxalsaurem Kalk enthielt. Dieses parenchymatische Gewebe umschliesst einen hufeisenförmigen, an einer Stelle wie ausgebauchten, nicht geschlossenen Gefässbündelkranz; es wuchert nämlich an einer Stelle das äussere Parenchymgewebe in den von den Gefässbündeln umschlossenen Raum hinein und füllt denselben aus. Der Gefässbündelkranz besteht aus circa 20 Gefässbündeln, deren aus dickwandigen Zellen bestehendes Phloemgewebe nicht überall gleichmässig entwickelt ist, sondern an der der Unterbrechungsstelle im Gefässkranz entgegengesetzten Stelle stärker und mächtiger ausgebildet erscheint. Die Gefässe, welche deutliche Holzstoffreaction zeigen, besitzen eine ringförmige Zellwandverdickung.

Die Lage und Grösse des Arillus, sowie sein Verhältniss zur Mikropyle, zusammengehalten mit der Ähnlichkeit des anatomischen Baues, der äusseren Funicular- und inneren Arillusschicht bestimmten mich den Arillus als Funiculararillus im Sinne Baillon's [1] aufzufassen, und somit der Ansicht Pfeiffer's vollkommen beizustimmen.

---

[1] H. Baillon, Dictionnaire de Botanique. Tome premier, 1876.

Prüft man das Verhalten der oben erwähnten, gelbes Öl führenden Zellschicht rücksichtlich ihres Farbstoffes, so ergibt sich Folgendes.

Fertigt man Schnitte an, so findet man die Zellen vollständig mit einem orangegelben, flüssigen, leicht durch Druck auf das Deckglas zu grossen Tropfen zusammenfliessenden Öle erfüllt, welches sich auch am intacten Arillus leicht durch Fingerdruck hervorpressen lässt. Es löst sich schwer in kaltem absoluten Alkohol, besser in Äther, noch besser in Chloroform, wobei die Lösung entschieden röthlicher wird; in Xylol, am besten in Benzol mit gelblicher, und in Schwefelkohlenstoff mit leichter Fluorescenz und purpurrother Farbe. Fette Öle, wie Olivenöl und besser Ricinusöl, vermögen ebenfalls den Farbstoff aufzulösen. Terpentinöl löst den Farbstoff rasch, wobei er jedoch nach einiger Zeit sowohl im Gewebe, als auch ausserhalb desselben zerstört zu werden scheint.[1]

Organische Säuren, Salzsäure, verdünnte Salpetersäure und Kalilauge bewirken keine Veränderung, wohl aber concentrirte Schwefelsäure, auf deren Zusatz die gelben Tropfen grünblau bis tief violettblau gefärbt werden, welche Färbung allmälig in ein schmutziges Violett übergeht.

Dieses eigenartige Verhalten der gelben Fettmasse gegenüber den genannten Lösungsmitteln und Reagentien, liess mit Gewissheit daran denken, dass es sich um einen zu den sogenannten Lipochromen gehörigen Farbstoff, und zwar um Carotin handle; es ist dies, wie bekannt, ein gelber krystallisirbarer Farbstoff, der entweder als solcher krystallisirt, an Fette gebunden oder in diesen gelöst oder in einer gewiss engeren chemischen Bindung mit Hydrocarotin, einem Cholesterinkörper,[2] in der Pflanze vorkommt.

Ohne auf die über diesen Gegenstand bereits ziemlich reiche Literatur näher einzugehen, will ich hier meine weiteren

---

[1] Ich konnte dasselbe auch an einem orangeroth gefärbten Kürbis nachweisen; bestreicht man eine Stelle desselben mit Terpentinöl, so wird sie weiss.

[2] Es wurde diese Thatsache besonders durch Reinitzer bewiesen; siehe dessen Arbeit im XCIV. Bd. der Sitzungsb. der k. Akad. der Wissensch. Jahrg. 1886. Zu ähnlichem Resultate gelangt auch F. A. Wirth, Inaugural Dissertation der Universität Erlangen, 1891.

Versuche angeben, welche darauf gerichtet waren, den Farbstoff zur sicheren Identificirung krystallisirt zu erhalten und womöglich Näheres über die Natur des Fettes zu erfahren.

Ich verseifte ein alkoholisches Extract des Arillus mit Kalilauge, behandelte das Seifengemisch im Schüttelkolben mit Schwefelkohlenstoff, reinigte durch Schütteln mit Wasser den Schwefelkohlenstoff von den anhängenden Seifenblasen, liess denselben verdunsten, und erhielt so eine mennigrothe schmierige Masse, welche ich trotz mehrmaligem Behandeln mit Alkohol und Äther nicht zum Krystallisieren bringen konnte. Ich war eben daran, diesen Versuch zu wiederholen, als ich mit den beiden vorzüglichen detaillirten Arbeiten von Zopf[1] bekannt wurde.

Ich verfuhr nun nach der von diesem Autor angegebenen Methode.

Nach Extraction des zerriebenen Arillusgewebes mit heissem Alkohol, verseifte ich das Extract mit ungefähr 30% Natronlauge durch eine Stunde, fügte hierauf heisse concentrirte Kochsalzlösung zu und behandelte das sich ausscheidende Seifengemisch mit Petroläther, der sich leuchtend gelb färbte. Nach genauer Trennung von den gebildeten Seifenmassen durch fleissiges Ausschütteln mit Wasser, liess ich den Äther verdampfen, wodurch ich eine gelbrothe Masse erhielt, die sich zum Theil in Alkohol mit rosenrother Farbe und deutlicher Fluorescenz löste. Leichtes Erwärmen liess die tief rothen nicht gelösten Tropfen zu grösseren Kugeln zusammenfliessen, wobei der Alkohol fast ganz farblos wurde. Diese rothen Kugeln zeigten nach dem Trocknen ein körnig krystallinisches Gefüge und erwiesen sich unter dem Mikroskop als aus schön braunrothen Krystallen bestehend. Die Krystalle stellen regelmässige grössere und kleinere rhombische Tafeln dar, welche den Hämatoidinkrystallen aus Menschenblut sehr ähnlich sehen und, nach der Methode von Tschermak[2] untersucht, prachtvollen Pleochroismus zeigen. Fügt man concentrirte Schwefelsäure zum Krystallbrei, so wird er intensiv blau, und

---

[1] Beiträge zur Physiologie und Morphologie niederer Organismen von Prof. Dr. W. Zopf. Heft I und II, 1892.

[2] Lehrbuch der Mineralogie. II. Auflage. S. 192.

man kann mikroskopisch die Bildung von schwarzblauen nadelförmigen Lipocyankrystallen beobachten. Jodjodkalium und Jodchloralhydratlösung bewirkte schmutziggrüne, osmiumsäurebraune Färbung des Lösungsrückstandes. Taucht man Streifen von Filtrirpapier in eine selbst nur schwach gefärbte Lösung des Farbstoffes, so wird dasselbe schön orangegelb gefärbt; die Färbung verschwindet jedoch nach einigen Stunden vollständig.

Bei der sowohl mit ätherischer als auch mit alkoholischer Lösung des Farbstoffes allerdings nur oberflächlichen spectroskopischen Prüfung des Farbstoffs, erhielt ich constant ein breites Absorptionsband, das die ganze violette Seite des Spectrums bis zur Linie *E* im Grün einnahm. Eine nähere spectroskopische Charakterisirung im Sinne von Zopf[1] war mir nicht möglich.

Eine geringe Menge des purpurrothen Krystallbreies auf einem Uhrschälchen mehrere Wochen aufbewahrt, erschien nach dieser Zeit nur mehr schwach gelb, eine andere Probe rein weiss gefärbt und gab auf Zusatz von concentrirter Schwefelsäure sofort eine rothviolette bis rothe Färbung, wohl in Folge des Übergehens in einen cholesterinartigen Körper. Leider konnte ich dieses Verhältniss wegen zu geringen Materiales ebensowenig näher feststellen, als die genaue Analyse des den Farbstoff lösenden fetten Öles. Dass wir es aber mit einem solchen zu thun haben, folgt ausser durch die oben angegebenen Lösungsverhältnisse, durch das Flüssigsein bei gewöhnlicher Temperatur, noch durch folgende Reactionen. Der ölige Zellinhalt färbt sich in den Zellen sowohl als auch in freien Tropfen mit alkoholischer Alkanninlösung intensiv roth, mit Chinolinblaulösung, wenn auch erst nach längerer Zeit, blaugrün. Mikroskopische Verseifungsversuche mit einem Gemisch von Kalihydrat und concentrirter Ammoniaklösung in der von Molisch[2] angegebenen Weise fielen positiv aus, indem die Tropfen sich trübten, schollig zerfielen und Nadeln von fettsauren Salzen

[1] Zopf unterscheidet nach dem spectroskopischen Verhalten Mono- und Dicarotin etc.

[2] Molisch, Grundriss einer Histochemie der pflanzlichen Genussmittel. Jena, 1891. S. 10, Anmerkung 1.

gebildet wurden. Setzt man Theile des Arillus der trockenen Destillation aus, so erhält man deutliche Akroleïnreaction, was, zusammengehalten mit der intensiven Braunfärbung der Öltropfen, die man durch Osmiumsäure erzielt (nach Altmann[1] für Ölsäure charakteristisch), auf einen Ölsäure-Glycerinäther neben vielleicht anderen Fetten hindeuten würde.[2]

Es folgt somit aus dem Obigen, dass der Farbstoff des Arillus von *Afzelia Cuanzensis*[3] durch an fettes Öl gebundenes Carotin bedingt ist,[4] und können wir dieses hiemit nachgewiesene Vorkommen des Farbstoffes als einen neuen Beweis für die grosse Verbreitung desselben in der Pflanze ansehen. Im Folgenden möge noch Einiges über die Anatomie des anatropen Samens mitgetheilt werden.

Derselbe besitzt eine annähernd eirunde Form, an dem vom Arillus bedeckten Theil etwas breiter, gegen das andere Ende hin sich verschmälernd. Die Nabelgegend ist etwas stärker gewulstet; an der Spitze des Samens springt deutlich die glänzende, linsenförmige, etwa 1 *mm* hohe, bis 2 *mm* breite Chalaza vor. An dem unteren Samentheil, circa 5 *mm* vom Nabel, bemerkt man die Abdrucklinie des Arillarrandes. An den nach der Lage der Samen in der Frucht lateralen Theilen ist derselbe wie durch beiderseitigen Fingerdruck abgeflacht, ja etwas eingedrückt und verlaufen an diesen Stellen je eine deutliche rinnenförmige Furche vom Hilum bis zur Chalaza. Es entsprechen diesen Stellen an der inneren Fläche der Testa kielförmig vorspringende, gegen die Spitze hin sich allmälig verlierende Leisten. Dieselben bilden auf Querschnitten annähernd dreieckige Vorsprünge, deren Spitzen in die Trennungslinie der beiden Kotyledonen fällt. Den Rinnen ent-

[1] J. Altmann, Die Elementarorganismen und ihre Beziehungen zu den Zellen. Leipzig, 1890.

[2] Von der Fähigkeit des Carotins, sich in Fetten und fetten Ölen zu lösen, wird auch in der Technik zum Färben von Kunstbutter Gebrauch gemacht; man bedient sich hiebei des Mohrrübencarotins. König, Waarenlexikon, S. 90.

[3] Wohl auch in dem gelb gefärbten Arillus von *Afzelia africana* Sm.; durch langes Liegen verbleicht die Farbe des Arillus.

[4] Im Gegensatz zum Gebundensein an Chromatophoren; auch in den von Zopf untersuchten Pilzen ist das Carotin an fettes Öl gebunden.

sprechend finden sich auch, wie wir sehen werden, die Hauptgefässbündel der Samenschale. Die Länge des Samens beträgt ungefähr 25 *mm*, der grösste Querschnitt desselben stellt annähernd eine Ellipse dar, deren Durchmesser circa 15 *mm* und 6 *mm* betragen. Die Testa ist innen hell rothbraun, aussen bald stark glänzend intensiv schwarzbraun, bald weniger glänzend und mehr hellbraun gefärbt. Sie ist im Allgemeinen glatt, nur von den Rinnen sieht man beiderseits zarte Streifchen abzweigen; auch in der Nabelgegend sind solche in radiärer Anordnung zu sehen. Die Samenschale ist ferner durch ihre besondere Härte ausgezeichnet, lässt man sie aber längere Zeit in Alkohol, so wird sie weich, biegsam, lässt sich gut schneiden.

Die Bilder, welche man an Schnittfiguren wahrnimmt, entsprechen im Wesentlichen denen, wie sie v. Beck[1] bei den Samenschalen verschiedener Leguminosen, besonders bei *Vicia Faba* L., beschrieben hat.

Die Testa (Fig. 3) besteht auch hier aus einer Hart- und einer stark entwickelten Quellschicht, auf welche noch eine durch das Raphengewebe getrennte Schicht folgt, die man als Pigmentschicht betrachten kann; ein dünnes, aus wenigen flachgedrückten Zellen bestehendes Perispermgewebe bildet die innere Testalage, von der sich das Epithel der Kotyledonen scharf abhebt.

Die Hartschichte besteht an allen Stellen des Samens aus zwei Reihen, fest aneinander gekitteter, oft wie mit einander verwachsener gelbbraun gefärbter Palissadenzellen, deren Grösse zu einander an den verschiedenen Stellen des Samens eine verschiedene ist. Die Palissadenzellen der ersten wie der zweiten Schichte haben bald mehr cylindrische Form, bald gleichen sie mehr Prismen mit sechsseitigem Querschnitt. Die Zellen der ersten Schicht sind am peripheren Ende cuticularisirt, und hebt sich die Cuticula beim Schneiden oft streifenförmig ab; am centralen Ende sind sie etwas aufgetrieben; sie sind sehr dickwandig und zeigen ein enges haarförmiges Lumen, welches sich am centralen Ende blasig erweitert. Aber auch im mittleren Theile, an manchen Zellen auch an mehreren Stellen

[1] Vergleichende Anatomie von *Vicia* und *Ervum*. LXXVII. Bd. der Sitzungsberichte. Maiheft 1878.

kommen solche Erweiterungen vor, die neben braunem Farbstoff bald kugelige, bald mehr unregelmässig höckerige Kieselkörper enthalten. An den Palissadenzellen der zweiten Reihe verhält sich das Lumen gerade umgekehrt; es ist am centralen Zellende wohl kegelförmig erweitert, aber die der oberen entsprechende blasenförmige Erweiterung befindet sich am peripheren Ende; dort liegen auch typisch Kieselkörper, während sie an anderen Stellen des Lumens ungemein seltener sind, als in den Zellen der oberen Schicht. Man sieht dieses Verhältniss besonders schön, wenn man die Testa verascht. Wie auch wohl an nicht veraschten Schnitten durch die dunkler braune Färbung an den Erweiterungsstellen des Lumens, treten da besonders zwei rosenkranzförmige Reihen glänzender Kieselkörper auf, zwischen denen die Zellgrenzen liegen. Aber auch die Zellwand der in Rede stehenden Zellen scheint verkieselt zu sein, da dieselben nach dem Veraschen noch deutlich ihre Form und Contouren erkennen lassen.

Die Zellgrenzen der aneinander stossenden Palissadenzellen sind nicht immer scharf ausgeprägt, oft hängen die Zellwände entschieden innig zusammen, wodurch man das Bild einer langen Zelle mit nach entgegengesetzten Seiten sich verengendem Lumen erhält; oft sieht man jedoch eine deutliche Trennungslinie. Dementsprechend verhalten sich auch die Zellen bei Behandlung mit Schulzischer Mischung; sie trennen sich bald, bald bleiben sie miteinander durch ein etwas verdünntes Mittelstück verbunden.

Eine feinere Verzweigung der Zellumina konnte ich nicht nachweisen.

Die äussere Zellreihe zeigt deutlich eine, die untere zwei, manchmal in der Nabelgegend sogar vier Lichtlinien. Das Höhenverhältniss der Palissadenzellreihen zu einander gestaltet sich wie folgt.

An mittleren Querschnitten der Testa sind die äusseren Palissadenzellen länger als die inneren, und zwar ungefähr um ein Drittel der Länge der letzteren. Gegen die Nabelgegend nimmt die Länge der äusseren Palissadenzellen immer mehr ab, die der inneren bedeutend zu, so dass sie an der Eintrittsstelle des Funiculus etwa viermal so gross ist, als die Zellen der

äusseren Schicht; sie sind ausserdem hier auch breiter und enthalten viele und grössere Kieselkörper. An der Chalaza, deren Form hauptsächlich durch eine buckelförmige Vorbauchung der ganzen Palissadenschicht bedingt ist — der dadurch entstandene Raum ist, wie wir sehen werden, von eigenthümlichen polyedrischen Zellen ausgefüllt — sind die inneren Palissadenzellen um das Doppelte höher, als die äusseren.

Auf diese doppelte Reihe von Palissadenzellen folgt nun als erstes Gewebe der Quellschicht die Säulenschicht, welche aus stark verdickten, mit einem braunen Farbstoff erfüllten Zellen besteht, zwischen denen weite tonnenförmige Intercellularräume sich befinden. Die Zellen sind in ihrer mittleren Partie cylindrisch, an beiden Enden kugelig aufgetrieben mit dem entsprechend erweiterten Lumen; sie gleichen den Säulenzellen, wie sie v. Beck bei *Vicia Fabae* beschrieben hat. Die feineren Details an denselben habe icht nicht genauer untersucht.

Das zweite Gewebe der Quellschicht besteht aus ebenfalls dickwandigen, mit braunem Farbstoff dicht erfüllten Zellen, welche verschiedene Formen besitzen. Die auf die Säulenschicht folgenden Zellen zeigen noch eine gewisse reihenförmige Anordnung, besitzen den Säulenzellen ähnliche, nur kleinere Formen, ahmen dieselben oft ganz nach, oft sind sie mehr biscotenförmig. Sie sind besonders in der Nabelgegend ähnlich den Säulenzellen orientirt, sonst mehr schief gegen einander gestellt, sie stehen dichter bei einander; die Intercellularräume sind daher kleiner als in der Säulenschicht. Die nun nach innen folgenden Zellen werden allmälig unregelmässiger, besitzen mehr kuglige Formen, haben reichlich dünne Fortsätze und Anastomosen unter einander; es entsteht dadurch ein aus locker verzweigten Zellmaschen zusammengesetztes Sternparenchym. Diese Beschreibung gilt insbesondere für die centrale Hälfte der Testa. Von ungefähr der Mitte des Samens an verschwinden allmälig die biscotenförmigen Zellen, es beginnen sich die Zellen immer mehr und mehr aneinander zu drängen, die Fortsätze derselben schwinden, die Intercellularräume werden demnach immer spärlicher, es treten mehr rundliche ellipsoidische Zellformen auf, bis in der Nähe der Chalaza das

Gewebe nur mehr aus dicht aneinander gefügten, mit ihrer Längsaxe senkrecht auf die Säulenschicht orientirten ellipsoidischen Zellen besteht. Die ganze Gewebsschicht ist dabei im Vergleich zu ihrer Dicke in der Nabelgegend dünner geworden.

Das Raphengewebe ist schon makroskopisch an allen Theilen der Testa an Schnittflächen als gelbe, in der Nabelgegend dickere Linie zwischen einer tief braunen äusseren und inneren Schichte zu sehen. Es besteht aus tangential flachgedrückten, ziemlich dickwandigen gelbbraunen Zellen, welche den die Gefässe im Funiculus umscheidenden Zellen völlig gleichen. Diese Zellen sind besonders an der Nabelgegend in reichlicherer Menge und dickerer Schicht entwickelt; sie sind auch an den Gefässverzweigungen der Testa, welche sie auch hier umschliessen, in grösserer Menge vorhanden. Ihre Form und diese Beziehung zu den Gefässen lässt sie somit als Phloemzellen, das Raphengewebe als den Phloemtheil der Gefässe auffassen.[1]

Das Gefässbündel des Funiculus theilt sich nach seinem Durchtritt durch die Palissadenschicht in zwei Hauptstränge, die gegen die beschriebenen leistenförmigen Vorsprünge der Testa (S. 388) ziehen, ausserdem gehen Gefässstränge strahlenförmig vom Nabel aus in die Testa; ihre Durchschnitte sind aber nur an Querschnitten im unteren Drittel des Samens zu finden. Jeder der erwähnten Hauptstränge, mit flachelliptischer Querschnittsfigur, begibt sich nun, nachdem er sich getheilt hat, im Raphengewebe zu beiden Seiten der leistenförmigen Vorsprünge nach aufwärts, wobei er feine Gefässe nach rechts und links abgibt, die man an Längsschnitten constatiren kann; ungefähr dort, wo der leistenförmige Vorsprung zu schwinden beginnt, vereinigen sich die beiden Gefässbündel wieder zu einem Strang, der, unter der Chalaza durchgehend, sich mit den Gefässen der anderen Seite auf gleiche Weise verbindet. Dieser einfache Gefässstrang hat einen kreisrunden Querschnitt und ist schon makroskopisch an der Schnittfläche als gelber Kreis wahrzunehmen. An Schnitten, die senkrecht auf die Chalaza und das Gefässbündel gemacht sind,

[1] v. Beck, l. c.

sieht man den Querschnitt der Gefässe etwas nach aussen verlagert und von einer Schichte dickwandiger ellipsoidischer, mit braunem Farbstoff gefüllter Zellen umsäumt, das Raphengewebe nach beiden Seiten zurückgedrängt und den dadurch entstandenen Raum von einer Zellschicht eingenommen, die aus polyedrischen, oft sechseckigen, sehr dickwandigen Zellen besteht, deren enges Lumen mit wenig braunem Farbstoff erfüllt ist; ich habe diese Zellen sonst an keiner Stelle der Testa finden können. Diese Zellen liegen als halbmondförmige Gewebemasse gegen die innere Testalage vorgebaucht dem Gefässbündel an. Ihnen folgen in allmäligen Übergangsformen die gewöhnlichen ellipsoidischen Zellen der Quellschicht.

Die Gefässe zeigen auch in der Testa allenthalben spiralige und kreisförmige Verdickung.

Die Schichte, die dem Raphengewebe nach innen anliegt, gleicht im Allgemeinen vollständig der früher beschriebenen Quellschicht, nur sind die biscoten- und sanduhrförmigen Zellen hier länger und mit ihrer Längsaxe tangential orientirt; man findet in dieser Schicht manchmal auch Kalkoxalatkrystalle. Auch dieses Gewebe, welches am Nabel dünner, sonst nahezu gleich dick mit der eigentlichen Quellschicht ist, nimmt gegen die Chalaza zu an Dicke ab; nur an dieser selbst ist es wieder etwas stärker entwickelt und bedingt zum Theil einen dort nach innen zu schwach prominirenden Vorsprung.

Nur der Lage nach, als innerhalb des Raphengewebes befindliche, sehr farbstoffreiche Schicht, habe ich mir oben erlaubt, dieselbe als Pigmentschichte zu bezeichnen. Der Zellform und Zellanordnung nach könnte man sie ebensogut als zweite oder innere Quellschicht bezeichnen; richtig ist auch, dass beide Schichten in gleichem Masse den intensiv braunen Farbstoff enthalten.

Die innerste Schicht der Testa endlich ist das Albumen. Es bildet nur eine dünne, aus wenigen flachgedrückten tangential abgeplatteten Zellen bestehende Schicht, die nur an der Chalaza etwas stärker entwickelt ist.

Die Testa lässt sich gut in allen ihren Theilen mit Anilinfarbstoffen färben; behandelt man sie z. B. mit Methylenblaulösung, so färben sich die Quellschichten schön blau, die

Palissadenschicht, das Raphengewebe und das Albumen werden grün gefärbt. Durch längeres Behandeln der Testa mit Alkohol oder durch Behandeln mit Kalilauge lässt sie sich leicht in zwei Lamellen theilen; die innere Testalamelle besteht aus den central vom Raphengewebe gelegenen Gewebsschichten.

Über den Farbstoff der Testa habe ich Folgendes ermittelt. Derselbe ist durch Wasser, Alkohol, Äther, Benzol und Schwefelkohlenstoff aus der Testa nicht extrahirbar, in den drei Lösungsmitteln vollständig unlöslich. Der Farbstoff lässt sich ferner schwer durch kalte Kalilauge extrahiren. In kochender Kalilauge löst er sich aber leicht mit schön rothbrauner Farbe. Man kann diese Lösung dann mit Wasser und Alkohol verdünnen, ohne eine Fällung zu bekommen; setzt man aber essigsaures Blei zu, so erhält man einen rothen Niederschlag, der durch Eisenchlorid gelbgrün gefärbt wird; es scheint demnach dieser Farbstoff durch seine Lösungsverhältnisse und des Vorkommens von Gerbstoffen den Rindenfarbstoffen oder Phlobaphenen[1] sehr nahe zu stehen. Concentrirte Mineralsäuren bewirken Gelbfärbung der Niederschläge. Fügt man zu einem concentrirten durch siedende Kalilauge bereiteten Extract einige Tropfen Ammoniak und setzt man dann Alkohol hinzu, so wird dieses prachtvoll purpurviolett gefärbt; auch in dieser Lösung erzeugt essigsaures Blei einen Niederschlag.

Die beiden weissen dicken fleischigen Kotyledonen gleichen in ihrer Gestalt Convexlinsen und liegen mit ihren planen Flächen glatt aneinander. Die übrigen äusserst kleinen Theile des Embryo konnte ich keiner Untersuchung unterziehen, da sie nur mehr als morsche bröckelige Gewebsmasse im Samen vorhanden waren.

Die Kotyledonen bestehen ihrer ganzen Dicke nach allenthalben aus einem collenchymatischen Gewebe, welches von Gefässbündeln reichlich durchzogen und von einem einschichtigen, nicht sehr dickwandigen cubischen Epithel umschlossen wird. Die Collenchymzellen, welche unter dem Epithel noch annähernd prismatische Formen besitzen, zeigen deutliche Verdickungsleisten an den Zellkanten. Gegen das innere zu

---

[1] Siehe Husemann, Pflanzenstoffe. II. Auflage, S. 216.

werden sie grösser, dabei etwas dickwandiger, besitzen unregelmässig polyedrische Formen, und zeigen sehr deutlich Verdickungsleisten, nur die in der Umgebung der Gefässbündel liegenden Zellen sind wieder etwas kleiner, flacher und dünnwandiger. Die Zellen sind dicht mit Stärkekörnern erfüllt, in der Nähe der Gefässe findet man auch Kalkoxalatkrystalle.

Ravenala madagascariensis Sonnerat.[1]

Der interessante anatomische Bau des Arillus von *Ravenala madagascariensis* ist durch die Untersuchungen von v. Höhnel[2] und besonders durch die eingehende Arbeit von A. Pfeiffer[3] völlig klargestellt worden, so dass ich den Angaben dieser Autoren nichts Neues beifügen kann. Ich will nur hervorheben, dass es auch mir gelungen ist, an den Gewebszellen die beschriebenen leistenförmigen Zellwandverdickungen — besonders Zellkanten stark ausgebildet — sowie die netzförmigen Zellwandverdickungen der Epidermiszellen nachzuweisen.

Die Aufgabe der folgenden Angaben soll sein, einen näheren Aufschluss zu bieten über die Ursache der prachtvollen himmelblauen Färbung, welche diesen Arillus im frischen Zustande auszeichnet.

Aus den beiden oben genannten Arbeiten will ich hier nur die etwas differenten Angaben über den Farbstoff anführen.

Die diessbezügliche Stelle aus der Abhandlung von v. Höhnel lautet: »Sämmtliche Zellen des Arillus sind mit einer feinkörnigen homogenen, schön blau gefärbten vacuolenfreien Masse erfüllt, welche der Hauptsache nach ein sehr ölreiches Protoplasma ist. Das Öl enthält den blauen Farbstoff

---

1 Das Material stammt von der Insel Martinique; gesammelt auf der Expedition S. M. S. Aurora 1892 und abgegeben an das k. k. Naturhistorische Hofmuseum. Herrn Custos v. Beck danke ich für die mir gütigst überlassenen Samen.

2 v. Höhnel, Bemerkungen über den Arillus von *Ravenala.* Österr. Botan. Zeitschr. XXXI. Jahrg. S. 386.

3 Botanische Jahrbücher für Systematik und Pflanzengeschichte von Engler. 13. Bd., S. 516. Daselbst auch eine genaue Zeichnung der anatom. Verhältnisse.

gelöst. Nimmt man es durch kochenden Alkohol oder mit Äther weg, so bleibt eine ziemliche Menge von feinen zusammenhängenden Körnchen zurück, die meist noch etwas bläulich gefärbt ist und alle Reactionen der Eiweisskörper aufweist. Der schön blaue Farbstoff, welcher schon durch seine Nuance von Anthokyan verschieden ist, färbt also das Protoplasma seiner ganzen Masse nach. Säuren entfärben denselben und Alkalien geben ihm eine grüne bis gelbe Färbung. Derselbe ist auch in Wasser nicht löslich, hingegen in Öl, Alkohol, Äther etc. Säuren restituiren die durch Alkalien veränderte Färbung.....« Weiters wird daselbst die grosse Verschiedenheit des Farbstoffs mit Anthokyan betont. A. Pfeiffer gibt Folgendes an: »Der Inhalt der Zellen besteht der Hauptsache nach aus einer sehr fettreichen Plasmamasse, wesshalb der Arillus in den Tropen technisch verwendet wird. Der charakteristische blaue Farbstoff ist bei Trockenmaterial in Öl gelöst, nimmt man das letztere mittelst entsprechender Reagentien weg, so resultirt eine bei Zusatz von Jod sich gelb bis gelbbraun färbende Masse. Der Farbstoff selbst wird durch Säuren entfärbt und nimmt mit Alkalien grüngelbe Färbung an. In Wasser ist er nicht löslich, hingegen in Äther und Benzol und dergleichen.«

Zunächst prüfte ich die Angaben beider Autoren an dem mir zur Verfügung stehenden Trockenmateriale. Diejenigen Angaben, die ich hier nicht hervorhebe, konnte ich bestätigen. Zu der Note v. Höhnel's erlaube ich mir zu bemerken, dass der Farbstoff durch Äther (wie dort auch später angegeben) völlig extrahirt wird; man kann das »fette Öl« nicht ohne denselben aus dem Gewebe entfernen; durch siedenden Alkohol konnte ich den Farbstoff aber nicht extrahiren, vielmehr scheint sich derselbe nach theilweiser Lösung des »Öles« zusammenzuballen und in grösseren körnigen, mehr schwarzblauen Klümpchen an einigen Stellen abzuscheiden, daneben konnte ich Protoplasmareste, in geringen Mengen, wenigstens in den meisten Zellen nachweisen. Es erscheint mir wahrscheinlicher, dass der Farbstoff in Spuren von — wie ich glaube — ätherischem Öl gelöst ist; und jedenfalls in dem Zustand, in dem das Gewebe untersucht wurde, nicht an plasmatische Substanz

gebunden ist, wie dies auch A. Pfeiffer hervorhebt. Vor der Behandlung mit Alkohol und siedendem Wasser ist der Farbstoff im Zellinhalt gleichmässig homogen vertheilt, nur nach dieser Behandlung, wo sich eben ein Theil des Zellinhalts löst oder verdampft, scheidet sich der Farbstoff aus. Der Farbstoff ist somit wohl nicht in siedendem Alkohol löslich; er ist aber auch nicht löslich in Benzol, wie Pfeiffer angibt.

Beide Autoren nehmen ferner an, dass der den Farbstoff lösende Zellinhalt ein fettes Öl (v. Höhnel) eine fettreiche Plasmamasse (Pfeiffer) sei; ich hingegen hege die Meinung, dass es sich vorwiegend um das Vorhandensein eines vegetabilischen Wachses handelt, das neben dem ätherischen Öl im Zellinhalt vielleicht als lösendes Agens für den Farbstoff dient. Mikrochemisch lassen sich allerdings fette und ätherische Öle, wie bekannt, kaum von einander unterscheiden. Die hier positive Farbenreaction mit Alkannin ist für beide charakteristisch. Die theilweise Löslichkeit des Zellinhalts in Eisessig, wie das Verhalten in siedendem Wasser, sprechen für ätherisches Öl. Destillation desselben konnte ich mit dem geringen Material, das mir zu Gebote stand, nicht anstellen; die Geschmack- und Geruchlosigkeit des Arillus spricht aus demselben Grunde wohl nicht dagegen. Ich möchte aber noch folgende Literaturangabe über die technische Verwendung des Arillus hervorheben, die ich dem Werke von Maout und Decaine[1] entnehme. Es heisst dort im Gegensatz zu der Note in Engler's Pflanzenfamilien:[2] »L'arille de la graine leurs fournit une huile volatile abondante« (also wohl ein ätherisches Öl).

Unterwirft man Arillusstücke in einer Eprouvette der trockenen Destillation, so erhält man keine Akroleïnreaction es bilden sich vielmehr Dämpfe, die einen auffallenden Geruch besitzen, der dem von gerösteten Mandeln gleicht und manchmal auch etwas an Blausäure erinnert. Ich habe zu wiederholten Malen diese Probe angestellt und immer dasselbe

---

[1] Traité géneral de Botanique. S. 560.

[2] Die Samenmäntel.....werden wegen ihrer Fetthaltigkeit in den Tropen verwendet. Engler und Prantel, Die natürlichen Pflanzenfamilien. II. Theil, 6. Abth. S. 5. In H. Baillou's Dictionnaire de Botanique, Tome premier, Paris, 1876 finde ich hierüber keinen verwerthbaren Aufschluss.

Resultat erhalten,[1] wie dies auch Andere bestätigten; zum Schlusse werde ich auf diese Beobachtung noch zurückkommen.

Es folgt daraus, dass wir es hier sicher nicht mit einem fetten Öl zu thun haben, sondern möglicherweise mit einem Ester eines eines einsäurigen Alkohols, nicht mit einem Glycerinäther. Das sonst für Wachs charakteristische Verhalten bei Behandlung des Gewebes mit siedendem Wasser, wobei die Inhaltsmassen theilweise zu Tropfen zusammenflossen, seine schwere Löslichkeit in Äther — denn selbst nach längerer Behandlung mit demselben bleiben doch da und dort noch ungelöste schollige Massen zurück — die wenigstens theilweise Löslichkeit der Substanz in kochendem Alkohol, sowie der negative Ausfall der Akroleïnreaction zusammengehalten mit der knetbar weichen Consistenz des Gewebes und der Thatsache, dass sich dasselbe auch trotz beinahe 20jährigen Aufbewahrens, mit Ausnahme der Entfärbung, so wenig veränderte und nicht ranzig wurde, sprechen wohl dafür, dass es sich um das Vorkommen von Pflanzenwachs neben wenigstens im frischen Zustand reichlicher vorhandenem ätherischen Öle handelt.

Die wenigen Angaben, die ich über das Verhalten des fraglichen Farbstoffs chemischen Reagentien gegenüber finde, stimmen in beiden Quellen völlig überein: »Säuren entfärben denselben, Alkalien geben ihm eine grüne bis gelbe Färbung.« Mir ergab sich, als ich dieses Verhalten prüfte, die interessante Thatsache, dass sowohl concentrirte Schwefelsäure als auch Kalilauge im Beginn der Einwirkung eine prachtvolle smaragdgrüne Färbung hervorriefen; nach einiger Zeit erzeugen dann beide Reagentien, und zwar Kalilauge rascher eine lichte Gelbfärbung.

Ich will nun der Reihe nach meine Versuchsergebnisse mittheilen: Eine Entfärbung des Arillargewebes konnte ich nur durch Äther und Kreosotbehandlung bewirken. Bei der

---

[1] Dasselbe Resultat gab mir auch älteres, fast gänzlich entfärbtes, nur am Funicularansatz noch schwach grünlich gefärbtes Material von der Wiener Weltausstellung 1873. Ich verdanke dasselbe Herrn Prof. v. Höhnel.

Behandlung mit Äther ergab sich die auffallende Thatsache, dass das Arillusgewebe dabei nach 3—4 Stunden grünlich gefärbt wird, nach sechs Stunden ungefähr ist es völlig entfärbt, dabei wird aber der Äther nicht gefärbt und hinterlässt derselbe beim Verdunsten auf einer weissen Porzellanschale nicht den leisesten blauen Hauch. Es scheint somit dem Äther eine verändernde und vielleicht zerstörende Wirkung auf den Farbstoff zuzukommen.

In Kreosot löst sich der Farbstoff entschieden langsamer als in Äther, das Kreosot nimmt dabei eine schöne hellgrüne Farbe an; eine Mischfarbe von blau und gelb vielleicht, denn Kreosot hat fast immer einen gelbbraunen Stich. In Alkohol erleidet das Gewebe die oben schon angedeuteten Veränderungen; bemerkenswerth ist, und das will ich hier gleich anführen, dass der nun mehr schwarzblaue Inhalt auf Zusatz von Salzsäure wieder schön himmelblau wird.

In Benzol wird das Gewebe sehr schön transparent; man kann dabei die Structureigenthümlichkeiten desselben gut untersuchen; eine Lösung des Farbstoffs findet dabei, wie auch durch Chloroform, nicht statt. Auch in Carbolxylol löst sich der Farbstoff nicht, aber das blaue Gewebe wird dadurch gelbgrün gefärbt; hervorzuheben ist dabei, dass die schöne blaue Färbung wieder eintritt, sobald man Äther hinzufügt. In geringen Mengen scheinen mir aber Ricinus-, Oliven- und Terpentinöl den Farbstoff zu lösen; siedendes Terpentinöl zerstört unter rasch vorübergehender violettblauer Färbung den Farbstoff. In Bittermandelöl scheint er sich nur in Spuren und sehr langsam zu lösen, mit mehr grünlicher Farbenveränderung des Gewebes. Eisessig verändert nach längerer Einwirkung den Zellinhalt in der Weise, dass die Wachsmassen coaguliren, trübe Schollen auftreten, die sich zum Theil an die Zellwände anlegen; der Farbstoff nimmt dabei eine grüne Farbe an.

Was die Einwirkung stärkerer chemischer Agentien betrifft, so ergibt sich Folgendes.

Concentrirte Schwefelsäure färbt das Gewebe, wie erwähnt, sofort prachtvoll smaragdgrün; erwärmte ich vorsichtig mit Zusatz von etwas Wasser das so veränderte Gewebe auf dem Objectträger unter dem Deckglas, so nahm

der Zellinhalt in einigen Fällen eine prachtvoll purpurrothe Farbe an. Behandelt man den Arillus mit schwacher Salzsäure, so ruft dieselbe keine Veränderung hervor; concentrirte rauchende Salzsäure verändert den Farbstoff erst nach längerer Zeit, er nimmt dabei eine mehr grüne Farbe an. Lässt man Ammoniak auf das Gewebe wirken, so nimmt der Zellinhalt eine grüngelbe Farbe an.

Besondere Betonung, wegen des späteren Schlusses auf die Natur des Farbstoffs verdient Folgendes. Hat man den Arillus nach vorausgehender Grünfärbung etwas länger (zehn Minuten) mit Kalilauge behandelt, so wird der Zellinhalt mehr gelblich gefärbt; füge ich nun Salzsäure hinzu, so nimmt er die blaue Farbe wieder an; ich kann dann wieder Kalilauge zusetzen, erhalte die Gelbfärbung, dann wieder Salzsäure u. s. f. Ich kann dies mehrere Male ohne sonstige sichtbare Veränderung des Farbstoffs machen; dasselbe kann ich nach Kalilaugenbehandlung auch durch concentrirte Salpetersäure erzielen. Behandle ich von vorneherein mit Salpetersäure, so wird der Arillus anfangs grün, dann gelb gefärbt; füge ich jetzt Kalilauge zu, so wird die blaue Färbung wieder hergestellt (auch wenn ich die Salpetersäure durch längere Zeit hatte einwirken lassen und erst dann Kalilauge zusetzte), beim Alkaliüberschuss tritt dann eine leicht bräunliche Färbung ein, die sich aber auf neuerlichen Zusatz von Salzsäure oder Salpetersäure wieder in blau verwandelt, bis das Alkali neutralisirt und dann wieder die Gelbfärbung als Säurewirkung beginnt. Dasselbe findet man auch bei Behandlung mit concentrirter Schwefelsäure und nachheriger Behandlung mit Kalilauge. Ein ähnliches Verhalten finden wir, wenn wir den Arillus mit der alkalisch reagirenden und sonst Pflanzenfarbstoffe zerstörenden Javellschen Lauge behandeln. Dieselbe färbt das Gewebe anfangs grün, dann gelbbraun; auf Zusatz von Salzsäure stellt sich die blaue Farbe wieder her.

Auf die Wirkung von Chlor und chlorsaurem Kali werde ich noch später zu sprechen kommen.

Oxydirt man das Gewebe mit übermangansaurem Kali so wird der Farbstoff grün gefärbt. Behandlung mit Oxalsäure ruft keine Veränderung in der Farbe des Gewebes hervor

Aus diesen Angaben folgt, dass wir es hier mit einem selbst stark wirkenden Reagentien gegenüber sehr resistenten Farbstoff zu thun haben, dass eine Zerstörung desselben durch die genannten Reagentien nicht erfolgt, und wir können im Allgemeinen sagen, dass der Farbstoff sowohl Alkalien wie Säuren gegenüber gleich reagirt, dass aber bei Aufhebung der Wirkung des einen Reagens die Farbenveränderung durch das chemisch entgegengesetzte wieder ausgeglichen wird.[1] Nur wenn man schwache Salzsäure in Betracht zieht, könnte man sagen, der Farbstoff ist bei saurer Reaction blau, bei alkalischer gelbbräunlich gefärbt.

Legt man Stücke des Arillusgewebes in Wasser ein und lässt das Ganze ruhig am Lichte stehen, so bemerkt man nach 8—14 Tagen, dass das früher transparente Gewebe trüb und undurchsichtig wird, weisse Flocken und Schollen von Wachs scheiden sich an seiner Oberfläche aus, und das ganze Gewebe wird weiss; die Entfärbung schreitet von den Arillusfransen bis zum Funicularansatz allmälig fort. Ich werde auf den möglichen Grund dieser Erscheinung auf S. 405 zurückkommen.

Aus dem Gesagten liess sich noch kein sicherer Schluss auf die Natur des Farbstoffs ziehen, aber die Annahme, dass wir es hier nicht mit einem gewöhnlichen Pflanzenfarbstoff zu thun haben, lag nahe.

Ich suchte, ob nicht vielleicht in der Gewebssubstanz, in der Zellwand ein Körper zu finden wäre, der mit dem Farbstoff in genetischen Zusammenhang gebracht werden und die Reactionen desselben erklären könnte. Ich veraschte zu diesem Zweck zu wiederholten Malen Arillusstücke und fand, dass dieselben sehr reich an Eisen waren. Die Asche färbte sich mit Rhodankalium und Salzsäure tief purpurroth, bei Anwendung der Eisenreaction mit Ferrocyankalium wurde sie intensiv blau gefärbt. Behandelt man den Arillus nach der Methode von Molisch,[2] so kann man das Eisen in relativ beträchtlicher

---

[1] Auf diese Thatsache wies zuerst v. Höhnel am Schlusse seiner Note hin. Siehe S. 395.

[2] Zum Nachweis des »maskirten« Eisens durch längeres Einlegen des Gewebes in concentrirte Kalilauge, nachheriges rasches Abspülen derselben

Menge nachweisen; man bemerkt dabei, dass sich die ganzen Zellwände gleichmässig blau, respective bei Anwendung von Rhodankalium roth färben; es erscheint demnach das Eisen in ihnen auch in feinst vertheilter gleichmässiger Weise nicht in Form von Körnchen oder Klümpchen abgelagert zu sein. Setzt man Kalilauge dem Gewebe auch nur eine kurze Zeit zu und fügt dann Rhodankalium und Salzsäure bei, so tritt ebenfalls die Rosafärbung der Zellwände ein.

Controlversuche, die ich mit den übrigen Theilen des Samens auf ihren Eisengehalt anstellte, zeigten, dass sowohl in der Testa wie auch im Perisperm Eisen vorhanden ist, aber in viel geringerer Menge als im Arillus. Grössere Stücke dieses Gewebes zeigten nach dem Veraschen nur schwache Rosafärbung gegenüber der purpurrothen kleiner Arillusstückchen. Auch Ferroverbindungen scheinen nach Anwendung der Probe mit Ferricyankalium im Arillusgewebe vorhanden zu sein.

Diese Verhältnisse und das Verhalten des Farbstoffs zu den angegebenen Reagentien, sowie auch seine auffallende Farbe brachte mich auf den vielleicht etwas ferne liegenden Gedanken, zu untersuchen, ob der blaue Farbstoff nicht mit dem reichen Eisengehalt des Gewebes zusammenhänge, ob der blaue Farbstoff nicht vielleicht mit Berlinerblau zu identificiren wäre. Abgesehen davon, dass diese Annahme a priori etwas unwahrscheinlich erscheint, bieten sich der Identificirung des Pflanzenfarbstoffs mit Berlinerblau aus verschiedenen Gründen Schwierigkeiten, wie gleich erörtert werden wird. Ich glaube aber im Folgenden, wenn auch mit einer gewissen Reserve, nachweisen zu können, dass meine Annahme mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit gerechtfertigt ist.

Es ist schwer, an so wenig Material einen organischen Eisenfarbstoff wie Berlinerblau unwiderleglich nachzuweisen, besonders auch desshalb, weil es unmöglich war, eine reine Lösung des Farbstoffs herzustellen.

Da das Berlinerblau selbst gefärbt ist und, wie bekannt, die Reactionen auf Eisensalze ja im Wesentlichen Farbenreac-

---

und Anwendung von Ferrocyankalium etc. Molisch, Die Pflanze und ihre Beziehung zum Eisen. Jena, 1892.

tionen sind, deren Grund eben die Bildung blauer Verbindungen, wie Turnbullsblau und Berlinerblau etc. ist (Reactionen, die bis jetzt zum Nachweis von Eisen in der Pflanze ausschliesslich verwendet wurden), so ist diese Gruppe von Reactionen für den zu erbringenden Nachweis bei der an und für sich blauen Farbe des Arillusfarbstoffs nicht anwendbar.[1]

Die anderen von der Chemie angegebenen, zum Theil complicirten Methoden, wie die Bildung von rothem und gelbem Blutlaugensalz u. s. f. waren für den Nachweis dieses Farbstoffs im Gewebe nicht anwendbar. Ich suchte daher empirisch festzustellen, wie sich die oben bei der Untersuchung des Arillus angewandten Reagentien und Lösungsmittel zu Berlinerblau verhalten.[2] Ich habe neben dem gewöhnlichen unlöslichen Berlinerblau aus leicht begreiflichen Gründen vorwiegend das sogenannte lösliche Berlinerblau Fe (CN_2) $[KCNFe(CN_3)]$ zur Untersuchung herangezogen.

Lösliches (d. h. wasserlösliches), wie auch gewöhnliches Berlinerblau sind in Alkohol, Benzin, Chloroform und Äther (ohne dass dabei eine Farbenveränderung eintritt) unlöslich; sie sind aber, wie ich mich überzeugte, in geringer Menge auch in Oliven-, Ricinus- und Nussöl löslich, spurenweise vielleicht auch in Cacaobutter. Verreibt man nämlich gepulvertes Berlinerblau mit diesen Mitteln, so erhält man unter dem Mikroskop betrachtet, eine gleichmässig blaue Ölschicht, die feinste Körnchen nicht erkennen lässt. In Spuren scheint sich Berlinerblau auch in Terpentinöl und Bittermandelöl zu lösen; unlöslich ist es aber in Stearin, Paraffin und dem Wachs von *Rhus succedanea.* In Kreosot löst sich Berlinerblau, wenn auch nur in geringer Menge, und färbt dasselbe grünlich. Ich will gleich hier anführen, dass der positive Beweis, dass es sich in dem fraglichen Farbstoff um Berlinerblau handle, jedenfalls dadurch zu erbringen gewesen wäre, wenn man nach dem Verdampfen des Kreosot hätte Eisen nachweisen können; das hiebei erhaltene negative Resultat spricht aber nicht gegen meine Ver-

---

[1] Wie ich diese Schwierigkeit zu umgehen suchte, findet sich auf S. 404.

[2] In Beilstein's Handbuch, I, S. 1122 und anderen chemischen Handbüchern konnte ich hierüber keine Angaben finden.

muthung, weil auch eine Lösung von Berlinerblau in Kreosot nach dem Abdampfen desselben nur einige graue harzige Flecke zurückliess, auf welche Eisenreagentien keine Einwirkung zeigten.

Besonders zu betonen ist nun die Thatsache, dass sich bei der Anwendung der oben angegebenen Reagentien (H_2SO_4, KHO, Javell'sche Lauge etc.) und bei der angeführten verschieden variirten Anwendung derselben (bei abwechselnd alkalischer und saurer Reaction) sich lösliches Berlinerblau genau so verhält, wie dies für den Pflanzenfarbstoff angegeben wurde; und will ich daher der Kürze wegen diese wichtigen Thatsachen nur mit diesen wenigen Worten hervorheben. Die Reactionen erfolgen in derselben Zeit und mit derselben Sicherheit, wie das für den Pflanzenfarbstoff angegeben wurde. Bei Anwendung dieser Reactionsmittel erfolgt auch hier keine Zerstörung des Farbstoffs, die ursprüngliche Verbindung wird bei Anwendung des entgegengesetzt wirkenden Reagens wieder hergestellt. Nur was die Wirkung der Schwefelsäure auf lösliches Berlinerblau beim Erwärmen betrifft, so ergibt sich eine Differenz insofern, als lösliches Berlinerblau[1] beim Erwärmen mit Schwefelsäure eine weisse, beim weiteren Erwärmen aber nur eine leicht rosaroth oder gelbröthlich gefärbte Verbindung gibt; es wird nicht purpurroth, wie ich dies einige Male beim Pflanzenfarbstoff beobachtet habe. Verdünnte Salzsäure verändert das lösliche Berlinerblau nicht, concentrirte Salzsäure wirkt aber auf dasselbe rascher und energischer als auf den Pflanzenfarbstoff unter Grünfärbung ein.

Nicht in Übereinstimmung mit den Angaben bei der Untersuchung des Arillusfarbstoffes steht aber die Unlöslichkeit des Berlinerblau in Äther, Paraffin, Pflanzenwachs, (einer Substanz, welche dem Pflanzenfarbstoff, wie ich oben gesagt habe, wahrscheinlich im Gewebe als Lösungsmittel dient). Ferner die Beständigkeit des löslichen Berlinerblau gegen Eisessig und Ammoniak, welche auf den Pflanzenfarbstoff unter Grüngelbfärbung reagiren.

---

[1] Das gewöhnliche Berlinerblau verhält sich in dieser Beziehung anders: Schwefelsäure bei gewöhnlicher Temperatur verändert seine Färbung kaum, beim Erwärmen bildet sich jedoch eine schwarzbraune Verbindung.

Weinsaures Ammoniak und Oxalsäure, welche Berlinerblau mit blauer Farbe lösen,[1] verändern die Farbe des Arillusfarbstoffs nicht. Lösung desselben durch diese Reagentien konnte ich nicht erzielen; ich glaube aber, dass darin kein Gegenbeweis liegt, da dieselben (als schwach wirkende Reagentien) in Folge der noch vorhandenen Wachssubstanz ihre eventuelle Wirkung nicht entfalten konnten.

Um weitere Beziehungen zwischen Berlinerblau und dem fraglichen Farbstoff herzustellen, prüfte ich nun das Verhalten beider Substanzen zu Rhodankalium.[2] Die Reaction mit Ferri- und Ferrocyankalium war aus bereits angeführten Gründen nicht anwendbar, denn wenn man auch den Umstand, dass der Pflanzenfarbstoff blau ist, dadurch zu umgehen sucht, dass man ihn zuerst mit Kalilauge behandelt (also im Wesentlichen die Eisenhydratverbindung herstellt), so erhält man nicht bloss auf Zusatz von Salzsäure und dem Reagens die blaue Färbung, sondern auch auf Zusatz von Salzsäure allein. Der Versuch einer Umwandlung des Farbstoffs in gelbes Blutlaugensalz durch Kochen mit Kalilauge und Eisensulphat, ist wohl schon wegen dabei eintretender eingreifender Veränderung des pflanzlichen Gewebes nicht statthaft.

Bei der Reaction mit Rhodankalium und Salzsäure nach vorheriger Behandlung mit Kalilauge ergibt sich nun Folgendes: Die Zellwände färben sich, wie erwähnt, rosa, der Zellinhalt färbt sich meist blau (Salzsäurewirkung), manchmal auch mehr violett (wohl durch Deckung der Farben, blauer Inhalt und rothe Zellwand). Einige Male aber gelang es mir, den Zellinhalt rothgefärbt zu erhalten. Vergleicht man dies Verhalten mit dem von Berlinerblau, bei gleicher Behandlung, so zeigt es sich, dass es sehr von der angewandten Menge der Salzsäure und des Rhodankalis abhängt, ob man Blau- oder Rothfärbung (Schwefelcyaneisen) erhält. Dass dabei ein fixes Verhältniss der angewandten Reagentien besteht, ist gewiss; jedenfalls ist dessen genaue Übertragung auf den speciellen Fall schwierig;

[1] Beilstein, I, S. 1122.

[2] Dieses Reagens wurde zuerst zum Eisennachweis in der Pflanze von Weiss und Wiesner angewendet. (Vorläufige Notiz über die directe Nachweisung des Eisens in den Zellen der Pflanzen.) Diese Sitzungsb. Bd. XI, S. 276

es scheint aber ein bedeutender Überschuss von Rhodankalium zum Zustandekommen der Rothfärbung nothwendig zu sein. Ich muss hier noch die sichere Beobachtung anführen, dass ich einmal bei Behandlung des Gewebes mit Eisensalzen den Farbstoff in eine rothe Verbindung überführen konnte; leider hatte ich die genaueren Verhältnisse damals nicht notirt, und gelang es mir später nicht mehr, diese Erscheinung hervorzurufen; es ist aber jedenfalls die Einwirkung von Eisenreagentien überhaupt auf den Farbstoff von Bedeutung.

Ich komme nun noch auf die auffallende Erscheinung zu sprechen, dass Arillustheile, unter Wasser suspendirt, die Farbe verlieren und weiss werden (S. 400); ich füge zur Ergänzung dessen hinzu, dass, wenn man die Arillusstücke etwa zwei Tage (bis sie nur mehr schwach grünlich gefärbt sind) in Wasser bringt, sich die blaue Farbe beim Trocknen des Gewebes wieder herstellt; ob dabei Luft- (Sauerstoff-) oder Lichtwirkung thätig sind, ist schwer zu sagen.

In der Literatur findet man über dieses Verhältniss für Berlinerblau folgende Angaben. In Eder's Handbuch der Photographie[1] heisst es darüber: dass Berlinerblau im Lichte bei Luftabschluss (nämlich mit Nussöl angerührt und mit Wasser bedeckt) die Farbe verliert und weiss wird, an der Luft aber sofort wieder die blaue Farbe annimmt......Zur Wiederherstellung der Farbe wird weder die Luft noch irgend eines ihrer Bestandtheile oder eine fremde Beimischung derselben erfordert; sie erfolgt ebenso gut im luftleeren Raum. In Beilstein's Handbuch[2] heisst es direct: Im Vacuum dem Lichte ausgesetztes Berlinerblau entfärbt sich unter Entwicklung von Cyan (oder HCN) und Abscheidung von Eisenoxyd (Chevreul, 1849). Hiezu ist Folgendes zu bemerken. Dass

---

[1] Handbuch der Photographie von Prof. Eder. II. Auflage, I. Hälfte, S. 58. Eder citirt hier das Resultat einer Abhandlung von Desmortier (Recherches sur la décoloration spontanée du bleu de Prusse, Paris 1801). Leider war mir die Originalabhandlung nicht zugänglich, die mir wegen der näheren Umstände bei diesen Experimenten, wie Concentrationsgrad der Farbstofflösung, Dauer der Lichtwirkung etc. wichtig gewesen wäre.

[2] Citat S. 22; dort auch die Angabe: Eine Lösung von Berlinerblau in Oxalsäure lässt im Sonnenlicht alles gelöste Blau fallen.

der Pflanzenfarbstoff mit der Zeit entfärbt wird, darüber kann kein Zweifel herrschen, wie das kaum mehr gefärbte, nur an einigen Stellen grünliche, zwanzig Jahre alte Material (von v. Höhnel) beweist; auch kann man annehmen, dass der Farbstoff durch die reichlich vorhandene wachsartige Substanz hinreichend vor Luftzutritt geschützt war und daher der Einfluss des Lichts vorwiegend bei der Entfärbung des Gewebes in Betracht kommt. Warum allerdings das frische Material in Wasser gebracht — gewissermassen Erfüllung der Angabe Desmortier's — sich in relativ so kurzer Zeit entfärbt, weiss ich mit Rücksicht auf Berlinerblau nicht anzugeben.

Ich will hier noch anführen, dass, wenn man Berlinerblau mit Bittermandelöl verreibt und das Ganze unter Wasser stehen lässt, dieser Farbstoff in ein grünlich-weisses Pulver umgewandelt wird, das aber an der Luft wenigstens theilweise seine ursprüngliche blaue Farbe wieder annimmt; das Arillusgewebe nimmt in Bittermandelöl auch eine grünliche Farbe an, die nach dem Trocknen wieder in Blau übergeht. Auch in Kreosot, welches dabei eine braune Farbe annimmt, wird Berlinerblau nach längerem Verweilen zerstört.

Unterzieht man die ganzen in Bezug auf Lösungsverhältnisse und Reactionen des Pflanzenfarbstoffs gemachten Angaben einer eingehenden Kritik, so drängt sich einem doch der Gedanke auf, ob es sich nicht im Arillusgewebe um einen in vielen Richtungen, besonders aber was die Lösungsverhältnisse anlangt, sich ähnlich verhaltenden Körper, nämlich um Indigoblau handeln könne. Auch dieser Körper ist als solcher noch nicht in der Pflanze nachgewiesen worden, jedoch ist das reichliche Vorkommen seiner Muttersubstanz, des Indicans, in mehreren Pflanzen (*Isatis tinctoria, Indigofera*-Arten etc.) allgemein bekannt. Das Indigoblau entsteht daraus[1] entweder durch Extraction der getrockneten Pflanzentheile mit Alkohol, nachheriger Oxydation mit Kupferoxyd u. s. f. oder durch Einwirkung von Fermenten und Gährungserregern bei reichlicher Zufuhr von atmosphärischem Sauerstoff.

Man könnte sich nun allerdings denken, dass beim Reifen des Samens im heranwachsenden Arillus, wobei der äusseren

[1] Strecker, Lehrbuch der organ. Chemie, S. 593.

Luft vielleicht eine grössere Oberfläche geboten würde, ein Ferment thätig wäre, wobei die Umwandlung von Indigoweiss in Indigo vollzogen würde, oder der im wachsenden Gewebe vielleicht vorhandene active Sauerstoff thätig wäre.

Es möge im Folgenden gezeigt werden, welche Angaben für und welche gegen die Annahme sprechen, dass der fragliche Farbstoff Indigoblau sei.

Was zunächst die Lösungsverhältnisse betrifft, so hat das Indigblau mit dem Pflanzenfarbstoff die Unlöslichkeit in Wasser und Alkohol gemein, unterscheidet sich aber von diesem durch das Verhalten bei Ätherbehandlung, welches Indigblau weder löst noch verändert. Die wenigstens theilweise Löslichkeit des Pflanzenfarbstoffs in Ricinusöl und der, wie ich annehme, im Pflanzengewebe vorhandene wachsartigen Substanz sprechen für das Vorhandensein von Indigblau im Gewebe, weniger das Verhalten zu Terpentin und ätherischem Öl.[1]

Auch die Wirkung der Schwefelsäure auf Indigblau scheint bei oberflächlicher Betrachtung eine ähnliche zu sein wie auf den Pflanzenfarbstoff. Indigblau löst sich nämlich in concentrirter Schwefelsäure anfangs mit grüngelber Farbe, dann aber besonders beim Erwärmen mit prachtvoll blauer Farbe (Bildung von Indigblausulfonsäure)[2], während der Pflanzenfarbstoff hiebei einige Male roth wurde, niemals aber eine blaue Farbe annahm. Indigo nimmt beim Sublimiren eine kupferrothe Farbe an; wurde das Arillusgewebe einfach erwärmt, so erhielt ich niemals Rothfärbung.

Durch Salpetersäure wird Indigblau zerstört und in eine rothbraune-purpurrothe Verbindung (Isatin) übergeführt, was beim Pflanzenfarbstoff, wie oben angegeben, nicht der Fall ist. Kalilauge stellt bei diesem die frühere blaue Farbe wieder her; für den Fall, dass sich doch Isatin gebildet hätte, hätte Kalilauge dasselbe unter Violettfärbung lösen müssen.

---

[1] Nach Beilstein, II. Bd., S. 1046 löst sich Indigo in kochendem Anilin, Chloroform, in kochendem venetianischen Terpentin, Paraffin, Ricinusöl, Chloralhydrat und in heissem Phenol.

[2] Diese und die folgenden Angaben über das chemische Verhalten des Indigo finden sich bei Beilstein, II. Bd., S. 1046; Strecker, org. Chemie, S. 596 und die folgenden; Pinner, org. Chemie, S. 273.

Behandelt man Indigblau mit kochender Kalilauge, so löst es sich mit orangegelber Farbe (Bildung von Indigweiss), geht aber an der Luft wieder in Indigblau über, welch letztere Erscheinung jedoch beim untersuchten Farbstoff nicht eintrat. Was die Wirkung der Salzsäure anlangt, so verändert dieselbe im verdünnten Zustand weder den Pflanzenfarbstoff noch das Indigblau; im concentrirten rauchenden Zustand verändert sich jedoch das letztere bald, während der Arillusfarbstoff, wie S. 400 angegeben, erst nach längerer Zeit und nur wenig unter Grünfärbung verändert wird.

Gegen die Identificirung des Pflanzenfarbstoffs mit Indigblau spricht auch das Verhalten zu Ammoniak; bei Anwendung nimmt jener eine grüngelbe Farbe an, während dieses keine Farbenveränderung erleidet. Weiters bewirkt Javell'sche Lauge, wie angegeben, Gelbfärbung des Farbstoffes, aber keine Zerstörung desselben; Indigblau wird durch dieselbe zerstört.

Beachtenswerth ist auch die Differenz im Verhalten beider Substanzen zu einer concentrirten Lösung von chlorsaurem Kali und zu Chlor. Diese beiden Reagentien wirken, wie bekannt, zerstörend auf Indigblau ein. Der Pflanzenfarbstoff jedoch wie auch Berlinerblau werden durch dieselben nicht verändert Behandelt man nämlich das Gewebe mit einer concentrirten Lösung von chlorsaurem Kali zuerst bei gewöhnlicher Temperatur, dann unter Erwärmung, so verändert sich der Farbstoff nicht; er verändert sich aber auch nicht, wenn ich dabei einige Tropfen Salpetersäure hinzusetze, wobei reichliche Chlorentwicklung stattfindet; Berlinerblau ändert in wässeriger Lösung bei Chloreinwirkung langsam seine Farbe. Eisessig endlich verändert Indigblau nicht, wohl aber den Pflanzenfarbstoff, wie wir oben gesehen haben.

Sucht man die Erscheinung, dass sich der Pflanzenfarbstoff in Wasser entfärbt u. s. w. (S. 405) mit der Annahme, die fragliche Substanz sei Indigblau, in Einklang zu bringen, so lässt sich Folgendes sagen. Indigblau wird durch reducirend wirkende Stoffe in Indigweiss übergeführt; dieses vermag aber wieder durch Sauerstoffaufnahme in Indigblau überzugehen, im Gegensatz zu Berlinerblau, dessen Zersetzung in eine weisse Verbindung durch Lichtwirkung erfolgt. Würden wir uns nun

etwa vorstellen, dass dadurch, dass wir das Arillargewebe unter Wasser bringen, durch Absperrung desselben von dem atmosphärischen Sauerstoff[1] der Farbstoff in Indigweiss umgewandelt würde, so müsste sich dieses in Kalilauge mit gelber Farbe lösen, was aber nicht eintritt. Würde man aber die noch unwahrscheinlichere Annahme machen, es entstünde bei dieser Behandlung sogar die Muttersubstanz Indican, so müsste dies beim Kochen mit verdünnten Säuren Indigblau bilden, was aber bei diesbezüglich angestellten Versuchen nicht der Fall war.[2] Für das mögliche Vorhandensein von Indigblau würde aber sprechen, dass die Entfärbung des Arillusgewebes auch eintritt, wenn ich dasselbe im Dunkeln unter Wasser bringe.

Fassen wir nun die gesammten hier gewonnenen Resultate zusammen und vergleichen wir sie nochmals besonders mit den auf S. 400 und 403 angegebenen, so sprechen sie wohl (besonders auch der Umstand, dass die meisten der angewandten Reagentien zerstörend auf Indigblau einwirken) mehr für die Identificirung des fraglichen Pflanzenfarbstoffs mit Berlinerblau, und zwar nach dem Ausfall der Schwefelsäurereaction, sogenanntem löslichem, und ich möchte daher, zusammengehalten mit dem gewiss relativ grossen Eisengehalt des Arillus, wenigstens mit einiger Wahrscheinlichkeit glauben, diese Annahme machen zu können. Bestimmt aber habe ich die Meinung, dass bei der Feststellung der Natur des Farbstoffes nur die Differentialdiagnose zwischen Indigo und Berlinerblau[3] in Betracht kommt. Stünde ein grösseres Material zu Gebote, so würde sich die Frage, wie

---

[1] Vergleiche hiezu auch die Angabe auf S. 405 unten.

[2] Auch das ältere entfärbte Material (sowie auch die durch Äther entfärbten Gewebsstücke) wurden bei Salzsäurebehandlung nicht mehr blau gefärbt.

[3] Ich will hier noch anführen, dass ich anfangs an die Möglichkeit dachte, es handle sich im Arillusgewebe einfach um ein dickes, blau gefärbtes ätherisches Öl, wie ein solches mit dunkelblauer Farbe aus *Achillea Millefolium*, mit blassblauer, bald bräunlich werdender Farbe aus den Blüthenkörbchen von *Anthemis nobilis*, wie endlich ein solches mit grüner Farbe aus *Herba Absynthii* gewonnen werden kann. Siehe Commentar zur VII. Ausgabe der österreichischen Pharmakopoe von Vogl, II. Bd. S. 47 und 49. Neben dem Umstand, dass man sich bei dieser Annahme erst wieder fragen müsste, woher die blaue Farbe des Öles stammt, brachten mich die angeführten Versuche und Reactionen von derselben ab.

auch unten kurz angedeutet werden soll, wohl sicher entscheiden lassen.

Man kann allerdings gegen die ganze Untersuchung den Einwand erheben, dass die Versuche nicht mit einer reinen Lösung des Pflanzenfarbstoffes angestellt wurden.[1] Abgesehen davon, dass man diesen Einwand wohl gegen die meisten Untersuchungen auf Farbstoffe im Pflanzengewebe erheben könnte, glaube ich, dass derselbe zum Theil entfällt, wenn man die Wirkung der energisch und mehr minder specifisch wirkenden Reagentien wie ($H_2SO_4HNO_3HClKHO$ etc.) berücksichtigt. Ich habe mich davon überzeugt, dass die Reactionen derselben auf Berlinerblau auch gelingen, wenn man die Proben an der mit verschiedenen Mitteln (Äther und fettem Öl) verunreinigten Substanz vornimmt.

Es ist nun allerdings schwierig sich die Bildung von Berlinerblau in dem Arillusgewebe vorzustellen.

Darüber, dass in dem Pflanzengewebe sowohl Ferro- als Ferrisalze vorhanden sind, kann nach dem Obigen wohl nicht bezweifelt werden. Zur Erklärung der Bildung von Berlinerblau fehlt uns aber der Nachweis der Blausäure oder einer Cyanverbindung. Die genaueren Verhältnisse, die bei der Einwirkung dieser letzteren auf das Eisen der Zellwand bestanden haben — so die Frage, ob im Zellinhalt die entsprechende erst alkalische, dann saure Reaction geherrscht haben u. s. w. — entziehen sich allerdings ebenso der Betrachtung, wie die nach dem Ausfall der Schwefelsäurereaction zu machende Annahme der Bildung von löslichem Berlinerblau. Nichtsdestoweniger möchte ich mir aber erlauben, hier noch folgende Vermuthung über die Bildung des Farbstoffs auszusprechen. Der in der Literatur angegebene Hinweis auf ätherisches Öl,[2] sowie der eigenthümliche Geruch bei der trockenen Destillation des Arillus lassen an die Möglichkeit des Vorhandenseins von

[1] Die Versuche wurden an Arillusgewebe vorgenommen, das durch lange Behandlung mit Benzol wenigstens theilweise gereinigt worden war; es wird dabei transparenter und scheint sich etwas von der wachsartigen Grundmasse zu lösen.

[2] Leider sind in der Literatur nirgends eingehendere Angaben über Bereitungsweise, technische oder ökonomische Verwendung, sowie Farbe des Öles zu finden.

Bittermandelöl und Blausäure im Gewebe denken, für deren Existenz der bei trocken destillirtem Material positive Ausfall der Schönbein'schen Reaction wenigstens mit einiger Wahrscheinlichkeit spricht.[1] Man müsste sich dann vorstellen, dass in dem heranwachsenden Arillus ein dem Amygdalin ähnliches Glycosid vorhanden sei, welches — wie das bei Mandeln erst ausserhalb der Pflanze nach Zerstossen derselben, Behandlung mit lauem Wasser u. s. f. geschieht — schon beim Heranwachsen des Gewebes durch Fermentwirkung in Zucker, Bittermandelöl und Blausäure, die bei entsprechender Reaction auf die Eisensalze unter Bildung von Berlinerblau wirken würde.[2]

Im Falle man über reichlicheres und ganz frisches Material verfügen würde, kämen, was den Nachweis von Indigblau betrifft, neben exacten Lösungsversuchen, besonders die Umwandlungen des Farbstoffes in die chemisch gut charakterisirten Verbindungen Isatin und Indigweiss in Betracht, ausserdem wäre auch die spectroskopische Untersuchung einer Farbstofflösung (Vierordt)[3] heranzuziehen. Den Nachweis von Berlinerblau könnte man wohl am sichersten erbringen, wenn man grössere Mengen sowohl des intacten, wie auch des durch Lösung und Extraction vom Farbstoff befreiten Arillus veraschen und den Eisengehalt quantitativ bestimmen würde; eine Differenz im Eisengehalt beider würde für die sichere Annahme von Berlinerblau — Turnbullsblau kommt wegen zu leichter Zersetzlichkeit wohl nicht in Betracht — bestimmend sein. Ein

---

[1] Brachte ich nämlich einen mit verdünnter Kupfervitriollösung und Gujaktinctur befeuchteten Filtrirpapierstreifen in eine Eprouvette, in welcher ich Arillusgewebe erwärmte, so trat deutliche Blaufärbung desselben ein; allerdings gestattet diese Probe keinen absolut sicheren Schluss auf das Vorhandensein von Blausäure. Siehe Ludwig, Medicinische Chemie. S. 183.

[2] Es sei hier auch noch der Vermuthung gedacht, die A. Pfeiffer über die gleichmässige blaue Färbung des Zellinhalts hegt. Er ist nicht der Ansicht, dass das Gewebe im ganz frischen Zustand derartig organisirt sei, er glaubt vielmehr, dass der blaue Farbstoff nach Analogie rother Farbstoffe an Chromoplasten gebunden sei, welche nach dem Absterben des Gewebes zerfielen und ihren Farbstoff dem Zellinhalte gleichmässig mittheilen würden. Der Autor denkt somit an das allerdings noch nicht mit Sicherheit beobachtete Vorkommen blauer Chromatophoren.

[3] Citirt nach Beilstein, II. Bd. S. 1046.

diesbezüglicher Versuch mit geringen Mengen des Gewebes würde bei der grossen tinctorialen Kraft des Farbstoffes nicht ausschlaggebend sein. Auch auf die Digerirung des Farbstoffes mit gelbem Blutlaugensalz, wobei ein rothes Salz entstehen müsste, wäre Rücksicht zu nehmen. Wichtig wäre auch die Destillation und Zerlegung des Farbstoffes mit verdünnter Schwefelsäure und kohlensaurem Kalk.[1] Für den Beweis der Existenz eines dem Amygdalin ähnlichen Glycosides käme vorwiegend die Destillation des ätherischen Öles und der Nachweis von Traubenzucker, durch Auskochen des Gewebes in Wasser etc. in Betracht.[2] Durch die Verseifung mit Kalilauge würde man über die Natur der wachsartigen Substanz informirt werden.

Beschreibung des Samens.

Der Same von *Ravenala Madagascariensis* hat eine bald würfelförmige, meist aber eine mehr ellipsoide bis ovoide Gestalt; oft bietet er auch wohl durch gegenseitigen Druck der Samen mehr flachgedrückte und unregelmässig verzogene Formen dar. Die Grössenverhältnisse betragen an ovoiden Formen im Längsdurchmesser ungefähr 10 *mm*; in den Querdurchmessern ungefähr 3—6 *mm*; die mehr würfelförmigen Samen haben einen Durchmesser von 6 *mm*. Sie besitzen eine dunkelrothbraune Farbe und eine im Allgemeinen glatte glänzende, fettig anzufühlende Oberfläche.

Betrachtet man den Samen genauer, so sieht man an ihm neben leichten Fältchen und Rillen ungefähr 15—20 seichte lineare Furchen, welche in meridionaler Anordnung vom Hilum zu der nur schwach angedeuteten, oft kaum erkennbaren scheiben- oder dellenförmigen Chalaza hinziehen. Der Nabel liegt manchmal mehr central, meist aber excentrisch an der etwas abgeflachten unteren Hälfte des Samens; er ist mit dem äusserst kurzen etwa 2 *mm* breiten Funiculus innig verbunden. Nach Ablösung desselben präsentirt er sich als eine elliptische braune, etwas über 2 *mm* breite Scheibe, die von der äusseren

[1] Ludwig, Medicinische Chemie. S. 180.

[2] Obwohl ich bei einem diesbezüglich angestellten Versuch, vielleicht wegen des zu geringen Materiales, Zucker nicht nachweisen konnte.

glänzenden Testaepidermis freigelassen wird, etwas eingedrückt erscheint und in der Mitte die Mikrophyle als kleines scharf begrenztes Loch sichtbar werden lässt. Die Chalaza liegt an manchen Samen dem Nabel diametral entgegengesetzt, an anderen seitlich verschoben.

Die Testa besteht makroskopisch aus zwei deutlich von einander trennbaren Schichten. Die äussere Schicht ist körnig bröckelig und durch reichlich vorhandenes rothbraunes Harz am Bruche glitzernd, die zweite Schichte haftet als dünner, schwarzbrauner glatter Belag dem Perisperm fest an, während die erste Schicht beim Schneiden immer leicht abspringt.

Die Testa ist nicht an allen Stellen gleich dick,[1] ihre Dicke beträgt an dem mehr zugespitzten Theil des Samens circa 1 *mm*, an anderen Stellen nur 0·5 *mm*. Das Innere des Samens ist von einem trockenen, ziemlich harten, spröden, daher leicht zerreiblichen, kreideweissen Perisperm erfüllt, welches dem Embryo dicht anliegt. Die nach Entfernung des Embryo zurückbleibende längliche Höhlung hat glatte Wandungen, öffnet sich gegen den Nabel und liegt der Basis des Samens, somit auch diesem Theil der Testa näher, wodurch das Perisperm auf einem Längsschnitt durch den Samen oben dicker (2 *mm*) ist, als unten, wo die Dicke nur 1 *mm* beträgt.

Der monocotyle anatrope Embryo besitzt eine fahnen- bis keulenförmige Gestalt, und ist entweder meist gerade gestreckt, manchmal aber auch leicht nach abwärts gekrümmt; er ist circa 5 *mm* lang (davon der Stiel 1·5—2 *mm*, Breite des Cotyledon 3 *mm*). Der Embryo ist ferner leicht geblich gefärbt, glatt und durchscheinend. Im Gegensatz zu *Musa Ensete* Bruce, wo der Embryo mittelst einer Ringfurche dem Mikropylenrand aufgesetzt ist,[2] ist das Verhältniss hier einfach so, dass das rundliche, nahezu kugelförmig begrenzte untere Stielende in die Mikropyle, dieselbe gleichsam verstopfend, eingesetzt ist.

---

[1] Eine gute Abbildung hierüber sowie über die Lage des Embryo im Samen findet sich in Maout und Decaine's Traité général de Botanique. S. 559.

[2] Engler und Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien. II. Theil, 6. Abthlg., S. 5.

Was den feineren anatomischen Bau der Testa betrifft, so ergibt sich Folgendes. Wie bereits oben gesagt, besteht dieselbe aus zwei gut unterscheidbaren Schichten, wovon die erste der harten spröden Epidermis plus der Quellschicht, die zweite der dünnen Pigmentschicht entspricht.

Die Epidermis besteht aus langgestreckten, dickwandigen, von einem körnigen Inhalt erfüllten Zellen, deren Längsdurchmesser circa 0·08—0·18 *mm*, deren Quer- und Tiefendurchmesser circa 0·02 *mm* beträgt; sie sind mit ihren Längsaxen tangential auf die Samenoberfläche orientirt. Die Längswände derselben laufen dicht aneinander in leicht geschwungenen parallelen Bogenlinien bis an jene Stellen, welche den erwähnten feinen meridionalen Furchen entsprechen, in denen sich die Zellen mit den symmetrisch angeordneten Zellen des von dem nächsten Furchenpaar begrenzten Feldes vereinigen (Fig. VI). Die Zellreihen umgeben daher den Samen in gleichsam guirlandenförmiger Anordnung; wo dieselben zusammenstossen, sind die entsprechenden Querwände nicht selten leicht verdickt und die eventuell durch das mehr minder schiefe Zusammentreffen der Zellen gebildeten Räume durch kleinere, aber sonst gleichartige Zellen (Fig. 6 *E'*) ausgefüllt. Intercellularräume sind in der Epidermis nicht vorhanden. Im Wesentlichen gleichen die Epidermiszellen, was Form und Structur der Zellwand betrifft, denen des Dattelkernes.[1]

Die Zellwände der Epidermis (von *Ravenala*) sind nämlich reichlich von feinen mit einander communicirenden senkrecht auf die Zellwand verlaufenden Porencanälchen durchsetzt, wodurch die Zellwände ein perlschnurartiges Aussehen gewinnen. Die Mittellamelle ist nach Behandlung des Gewebes mit Chromsäure gut sichtbar zu machen; man sieht danach auch eine feine Schichtung und feinste Körnchen in der Zellwand auftreten; manchmal beobachtet man auch leichte Höcker und Vorsprungsbildungen an derselben.

Die Zellwände besitzen in Flächenansicht eine Dicke von 5 μ; die Breite des Lumens beträgt circa 8 μ.

---

[1] Eine diesbezügliche Abbildung findet sich in Möller's Nahrungs- und Genussmittel. S. 300.

Die Epidermis ist, wie sich durch Veraschen derselben ergibt, wenn auch schwach verkieselt. Auf Querschnitten durch die Testa erscheint die äussere Wand und der äussere Theil der seitlichen Wände der Epidermiszellen stark verdickt und nach Ausfall der entsprechenden Reactionen cuticularisirt. Besonders schön kann man nach Behandlung mit Kalilauge den Zerfall der Cuticula in Fetttröpfchen beobachten, die neben der Mittellamelle in regelmässiger Anordnung auftreten.

Auf die Epidermis folgt eine Schicht von zwei Reihen sehr dünnwandiger, mehr minder langgestreckter, flachovoider Zellen. Dieselben sind gleichmässig von einem rothbraunen Inhalt erfüllt, der durch Alkohol aus denselben nur schwer extrahirbar ist und sich mit Eisenchlorid gelbgrün färbt.

Es kann daher nach der Form der Zellen und nach der Reaction des Inhalts keinem Zweifel unterliegen, dass dieselben ein Analogon der bei den Dattelkernen beschriebenen Gerbstoffschläuche bilden, nur mit dem Unterschied, dass sie bei diesen zerstreut in der Testa vorkommen,[1] während ich dieselben bei *Ravenala* immer typisch subepidermal fand. Die nun folgenden Zellschichten sind aus Zellen zusammengesetzt, die denen des Holundermarks fast völlig gleichen. Dieser Theil der Testa ist nämlich aus dünnwandigen, von aussen nach innen zu flacher werdenden Zellen zusammengesetzt, welche zu 8—10 übereinandergeschichtet liegen. Die Wände derselben sind im Gegensatz zu denen der Gerbstoffschläuche reichlich von Tüpfeln durchsetzt; sie enthalten ebenfalls reichlich braunen Farbstoff, der sich ihnen durch Behandlung mit Alkohol leicht entziehen lässt, wonach die Zellwände gelb gefärbt erscheinen. Untersucht man das intacte Gewebe, so erscheinen die Zellwände leuchtend violett gefärbt. Die Zellen besitzen ellipsoidische und polygonale Formen und lassen zwischen sich nur spärliche kleine Intercellularräume erkennen.

Die nun folgende Zellschicht besteht aus circa sechs Lagen nach innen zu immer kleiner werdenden rundlichen bis ganz runden Zellen (mit etwa $^1/_4$ des Durchmessers der Zellen der früheren Schicht). Sie besitzen meist etwas grössere

---

[1] Möller, S. 301.

Tüpfel. Manche Zellen sind stark rothbraun pigmentirt, andere enthalten kaum Spuren von Farbstoff.

Die eigentliche Pigmentschicht besteht aus einer Schichte grösserer, im Vergleich zu den beschriebenen dickwandiger tafelförmiger Zellen, welche, auf der Fläche gesehen, sich als Sechsecke darstellen, deren Längsdurchmesser etwa dreimal so lang als der Querdurchmesser ist. Die Zellen sind von einem braungelben feinkörnigen Inhalt erfüllt. Auf dem Querschnitt repräsentiren sie sich als regelmässige Vierecke, deren Seiten die Länge von 0·06 *mm* besitzen. Gefässverzweigungen konnten trotz wiederholtem Suchen in der Testa nicht aufgefunden werden.

Der Farbstoff der Testa ist durch Wasser aus derselben nicht extrahirbar; in kaltem, besser noch in warmem Alkohol löst er sich jedoch leicht. Das so gewonnene Extract besitzt eine tiefgelbbraune Färbung; nach Verdunsten des Alkohols bleibt eine braungefärbte harzige Masse zurück. Versetzt man eine alkoholische Lösung mit Wasser, so geht der Farbenton derselben mehr in Roth über; essigsaures Blei erzeugt in ihr einen violettrothen voluminösen Niederschlag. Bemerkenswerth ist die schöne tiefgrüne Färbung, die man erhält, wenn man zu einer alkoholischen Lösung Eisenchlorid hinzusetzt, ein Verhalten, das jedenfalls auf die Anwesenheit von Gerbstoff in der Testa hindeutet. Durch kalte Kalilauge ist der Farbstoff unter rothbrauner Färbung derselben extrahirbar: extrahirt man aber mit siedender Kalilauge, so nimmt sie eine tief grünschwarze Färbung an, die aber auf Zusatz von Wasser einem rothbraunen Farbenton Platz macht. Alkohol erzeugt in einer Lösung in Kalilauge einen deutlichen flockigen Niederschlag. Rothbraune Lösungen des Testafarbstoffes werden durch Säuren gelbbraun gefärbt.

Das Perispermgewebe ist von der Testa durch eine ziemlich breite, stark lichtbrechende glashelle Membran abgegrenzt, welche man als »hyaline Membran« bezeichnen muss, wie solche an den Samen von *Bromus Zea Triticum* u. a. beschrieben wurde.[1] Die hyaline Membran besitzt feine Streifung,

[1] Harz, Samenkunde. S. 1233 und Möller, S. 141.

an anderen Stellen feine Risse und längliche Spalten; sie ist stellenweise von der äusseren Contour der folgenden Kleberzellen scharf abgegrenzt, geht aber auch ohne scharfe Grenze in die Aussenwand derselben über. Die Kleberschicht besteht aus einer Reihe kleiner cubischer Zellen; die Zellwände derselben, besonders die Aussenwand, ist stark verdickt und stark lichtbrechend, der Zellinhalt ist fein granulirt.

Das Perispermgewebe ist aus langgestreckten, im Vergleich zu den Kleberzellen dünnwandigen, mit ihrer Längsaxe radial orientirten Zellen zusammengesetzt; 3—4 solcher Zellen aneinandergefügt bedingen die Querschnittsbreite des Perisperms. Die an die Kleberzellen grenzenden Wandungen derselben sind leicht verdickt. Die Zellquerschnitte haben die Figur regelmässiger Sechsecke; der Zellinhalt besteht aus dicht aneinander gedrängten, vorwiegend langen Stärkekörnern, die sich mit Jod intensiv blau färben; die Längsaxe der Stärkekörner ist der Längsaxe der Zelle parallel orientirt. Gegen die Embryohöhle wird das Perisperm durch eine hyaline Membran abgegrenzt, welche ohne scharfe Grenze in die stark verdickte Aussenwand der entsprechenden Zellen übergeht.

Was die Stärkekörner anlangt, so verdienen dieselben wegen ihrer eigenartigen Form und Gestalt einige genauere Angaben.

Der Hauptmasse nach besitzen die Stärkekörner sehr langgestreckte dünne Formen, welche bald kipfelförmige und keulenförmig gebogene, vorwiegend aber walzen- und spindelförmige Gestalt besitzen. Neben diesen reichlich vorhandenen langen Stärkekörnern findet man aber auch in geringer Anzahl kleine rundliche Formen. Mittelformen zwischen beiden sind sehr selten. In Gestalt, Schichtung, wie auch annähernd in der Grösse gleichen die langgestreckten Formen am meisten den Stärkekörnern, welche in der Wurzel von *Curcuma longa* beobachtet werden. Die Länge der längsten Körner beträgt 0·05 *mm*, die Breite derselben 0·01 *mm*. Die kleinsten Formen haben 0·01 *mm* Länge und circa 5 μ Breite. Im Inneren der Körner gewahrt man eine längliche, spaltförmige, oftmals zerklüftete Kernhöhle. Erst durch Chromsäurebehandlung ist die Schich-

tung der Stärkekörner gut sichtbar zu machen. Man beobachtet hiebei wie bei den walzenförmigen Körpern das Auftreten von senkrecht auf der Längsaxe des Kernes stehenden unter einander parallelen Ringen. Erwähnenswerth ist noch der besonders deutliche Zerfall der Stärkekörner in Amylosomen, wie solche zuerst von C. Mikosch[1] an der Kartoffel- und Weizenstärke eingehend studirt und beschrieben wurden: Setzt man nämlich zu den Stärkekörnern Wasser und hierauf eine concentrirte Lösung schwefelsäurehältiger Chromsäure, so beobachtet man, dass anfangs zu beiden Seiten der Kernhöhle helle homogene Linien auftreten, die von einer Schicht nach aussen zu grösser werdender heller Körnchen begrenzt werden. Bemerkenswerth ist auch noch der Unterschied zwischen den hier beschriebenen Stärkekörnern und denen der nahe verwandten *Musa paradisiaca* L. welche neben anderen Merkmalen viel plumpere und breitere Formen besitzen.[2]

Endlich mögen hier noch einige Bemerkungen über den Funiculus und den Embryo Platz finden.

Untersucht man den kurzen Funiculus, so ergibt sich, dass das Gefässbündel nicht central, sondern excentrisch in demselben gelagert ist. Man gewahrt nämlich auf Querschnitten eine annähernd kreisrunde Gewebsmasse, die von einer aus mannigfach gestalteten dickwandigeren gelbgefärbten Zellen bestehenden Gewebsschichte fast völlig umgeben ist; dieselbe lässt nur einen kleinen Theil der Peripherie unbedeckt. Die kreisförmige Gewebsmasse besteht aus dünnwandigen ellipsoidischen Zellen, welche grosse Tüpfel besitzen und regelmässig dreieckige Intercellularräume zwischen sich erkennen lassen. In dieses Gewebe ist nun excentrisch ein Kreis von Gefässen eingelagert, welcher nach aussen an der von den gefärbten Zellen freien Stelle von einem collenchymatischen Schutzgewebe umsäumt wird, welches das Gefässbündel gleichsam kappenförmig umscheidet. Die Gefässe zeigen kreisförmige Wandverdickung.

---

[1] Untersuchungen über den Bau der Stärkekörner von Dr. C. Mikosch, Wien, 1887.

[2] Abbildung und Beschreibung hierüber bei Möller, S. 206.

Der Embryo besteht der Hauptsache nach aus einem Gewebe, welches aus rundlichen Zellen zusammengesetzt ist, zwischen denen Intercellularen nicht nachzuweisen sind. Nach aussen wird dieses Grundgewebe durch eine einschichtige Epidermis begrenzt. Die Zellen desselben sind reichlich von mit Jod sich gelb färbenden und in Kalilauge löslichen Proteïnkörpern erfüllt.

Das Gefässbündel erscheint im Stiel des Embryo als centraler Strang, der sich nach aufwärts in acht Secundärstränge theilt, welche radienförmig divergirend, somit an Querschnitten durch den oberen Theil des Cotyledon der Epidermis näher liegend erscheinen. Über einen im Fuss des Embryo aufgefundenen Vegetationspunkt konnte nichts Genaueres ermittelt werden; einigen Aufschluss hierüber bietet die schematische Querschnittsfigur 8.

Zum Schlusse habe ich die angenehme Pflicht, meinem hochverehrten Lehrer Herrn Hofrath Wiesner für die freundliche Unterstützung und die mannigfachen werthvollen Rathschläge bei Ausführung dieser Arbeit meinen ergebensten Dank zu sagen. Herrn Prof. L. Mauthner danke ich für die gütige Durchsicht des chemischen Theiles derselben.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. (Mikroskop P. Wächter 3/7). Carotinkrystalle, erhalten durch Verseifung des im Arillus von *Afzelia Cuanzensis* enthaltenen fetten Öles und nachherige Umkrystallisation in Alkohol.

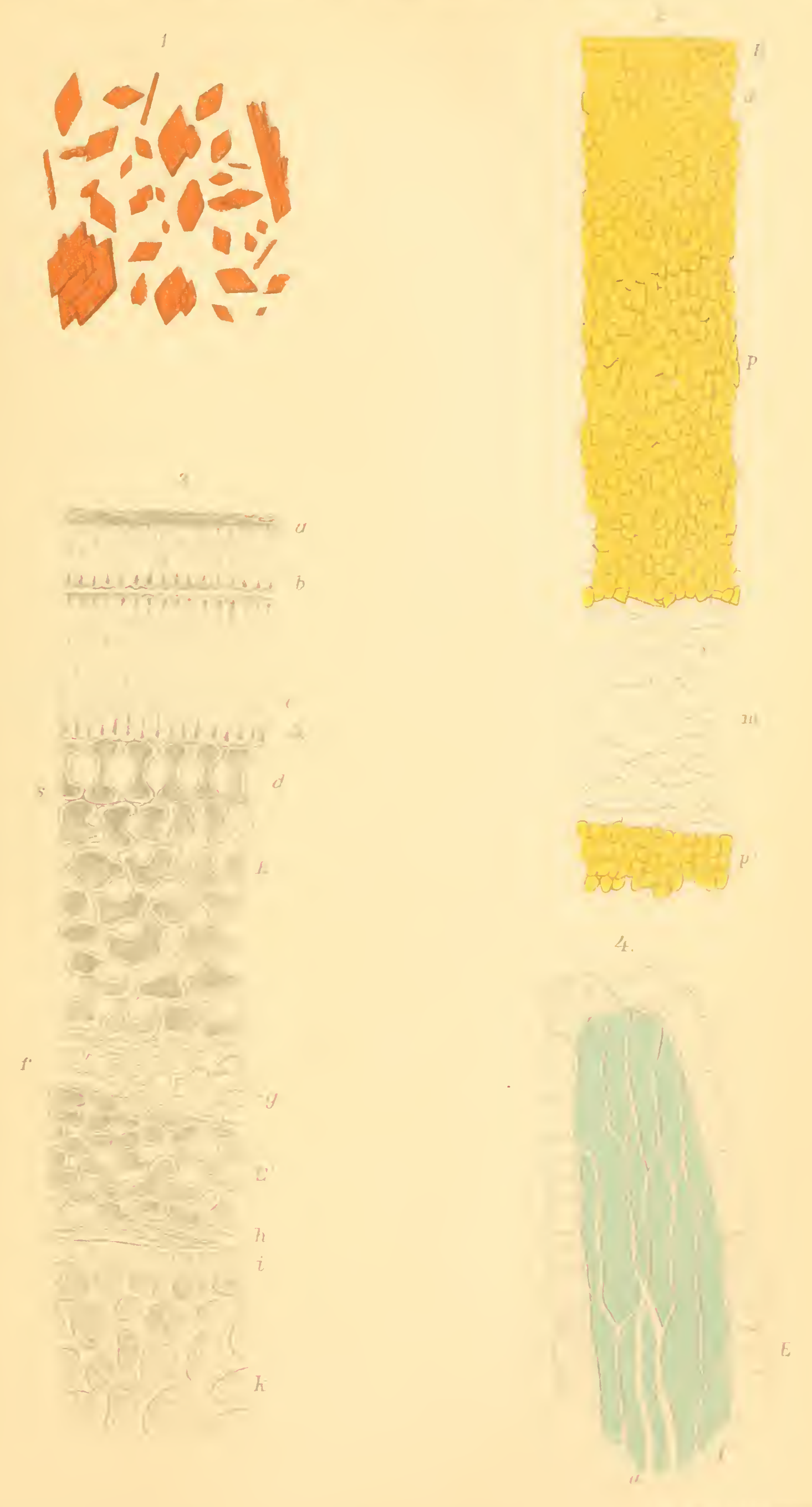
Fig. 2. (Mikroskop P. Wächter 4/6). Partie eines Längsschnittes durch den Arillus von *Afzelia*. *E* äussere Epidermis, *p* ölführendes Parenchym der äusseren Hälfte des Arillusgewebes, *α* orangegelber öliger Zellinhalt, *m* meristematisches Zwischengewebe, *p'* ein Theil der inneren Parenchymschicht.

Fig. 3. (Mikroskop P. Wächter 3/4). Querschnitt durch die Testa (Nabelgegend) von *Afzelia*. *a* Cuticula, *b* erste Palissadenschicht aus kürzeren und etwas dickwandigeren Zellen bestehend, mit deutlicher Lichtlinie, *c* zweite Palissadenschicht, aus längeren Zellen bestehend, welche mehrere Lichtlinien erkennen lassen. *α* Kieselkörper, *d* Säulenschicht, *s* tonnenförmige Intercellularräume, *E* äussere Quellschicht; Zellen derselben sowie der nächsten reichlich mit braunem Farbstoff erfüllt. *f* Raphengewebe, in welchem bei *g* die Hälfte eines quergetroffenen Gefässbündels zu sehen; *E'* zweite Quellschicht; *h* Perispermreste; *i* Epithel des Cotyledon; *k* collenchymatisches Grundgewebe desselben.

Fig. 4. (Mikroskop Zeiss 2/C). Endstück einer Arillusfranse in Flächenansicht, theilweise schematisch: *E* Epithel mit netzförmiger Zellwandverdickung; *f* Grundgewebezellen mit dem himmelblauen feinst granulirten Zellinhalt erfüllt; *a* mittlere dickwandigere Zelle.

Fig. 5. (Mikroskop Merker und Ebeling 2/4). Querschnitt durch die Testa von *Ravenala Madegascaniensis*. *a* Epidermis; *α* cuticularisirte Aussenwand derselben; *b* Gelbstoffschläuche; *c* grössere reichbehöfte. *d* kleinere rundliche Zellen der Quellschicht; *e* dickwandige, reichlich von körnigem braunen Farbstoff erfüllte Zellen der Hartschicht; *f* hyaline Schicht, an manchen Stellen von Spalten durchsetzt, an anderen ohne scharfe Grenze in die äussere verdickte Wand der Kleberzellen *g* übergehend; *h* längliche Perispermzellen, dicht mit Stärke *i* erfüllt.

Fig. 6. (Mikroskop P. Wächter 3/4). Epidermis der Testa von *Ravenala* in Flächenansicht; die Stelle entspricht einer in der Richtung *m—n* verlaufenden makroskopisch sichtbaren Furche. *E* grosse langgestreckte, von einem körnigen Inhalt *α* erfüllte Epidermiszelle; *E'* kleinere unregelmässiger gestaltete Zelle; *z* Porencanälchen der Zellwand, *w* Vorsprungsbildung derselben.


1
a
b
c
d
s
E
f
g
E'
h
i
k
l
p
m
p'
4.
E



Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien

Fig. 7. (Mikroskop P. Wächter 3/9). Stärkekörner aus den Perispermzellen von *Ravenala*. *m* grosses langgestrecktes, *n* kleines Stärkekorn; *o* zeigt leichte Einkerbungen des Randes, *k* zerklüftete Kernhöhle der Körner.

Fig. 8. Querschnitt durch den untersten Theil des Embryostieles. Etwa 55mal vergrössert; schematisches Bild stellt den in diesem Theil des Embryo gefundenen Vegetationspunkt dar. *E* Epidermis; *p* parenchymatisches Gewebe, Zellen desselben mit Proteïnkörpern erfüllt; *g* Querschnitt des centralen Gefässbündelstranges, welcher nach *ga* und *ga'* Auszweigungen entsendet; *v* Vegetationsspitze; *r* aus cubischen Zellen bestehender Gewebsantheil; *s* dreieckiger Spaltraum, in die Spalten *m* und *m'* auslaufend, die jederseits von einer Reihe cubischer Zellen *i* begrenzt werden.